



DIGITALIZAÇÃO EM GEOTECNIA: DA EXECUÇÃO EM CAMPO À INFRAESTRUTURA DIGITAL DE DADOS (AGS + SIG)

NICOLE PEREIRA DE PINHO

Julho de 2024

**DIGITALIZAÇÃO EM GEOTECNIA:
DA EXECUÇÃO EM CAMPO À INFRAESTRUTURA DIGITAL DE
DADOS (AGS + SIG)**

**DIGITIZATION IN GEOTECHNICS:
FROM FIELD EXECUTION TO DIGITAL DATA INFRASTRUCTURE (AGS + GIS)**

Nicole Pereira de Pinho

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre
em Engenharia Geotécnica e Geoambiente**

Orientador: Professor Helder I. Chaminé

Júri

Presidente

João Paulo Meixedo dos Santos Silva, Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vogais

Helder Gil Iglésias de Oliveira Chaminé, Professor Coordenador com Agregação, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Maria Isabel Gonçalves Fernandes, Professora Auxiliar com Agregação, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

[página propositadamente em branco]

Resumo

O presente estudo, baseado num estágio curricular académico, envolve uma campanha de prospeção geotécnica de uma obra em Aveiro. Explora ainda a digitalização dos dados geotécnicos, desde a execução em campo até à integração nas infraestruturas digitais (AGS e SIG). Aborda o processo completo de recolha e tratamento de dados através de poços, sondagens mecânicas e ensaios *in situ*, incluindo os ensaios de penetração (SPT) e a instalação de piezómetros, seguido da análise das amostras recolhidas em laboratório. Além disso, centra-se na transferência de dados geotécnicos, com recurso a diversas ferramentas, entre elas o 'ME-AGS GENERATOR' desenvolvida para a uniformização e simplificação de dados geotécnicos. O aplicativo informático referido foi utilizado para converter dados em formato ".xls" para o formato ".ags", uma conversão essencial para a validação do formato AGS, garantindo a conformidade e integridade dos dados. Com a sua validação, os dados podem ser utilizados de forma eficaz em programas de georreferenciação como QGIS para criar modelos digitais detalhados, integrando informações geotécnicas e cartográficas. No que diz respeito ao caso de estudo, o objetivo será corroborar a funcionalidade das diversas ferramentas digitais na prática geotécnica, de modo a obter informação digitalizada, permitindo assim a partilha uniformizada dos dados geotécnicos.

Palavras-chave: Prospeção Geotécnica, Uniformização, Digitalização, Transferência, Dados Geotécnicos.

[página propositadamente em branco]

Abstract

Based on a curricular academic internship, this study involves a geotechnical exploration campaign on a construction site in Aveiro. Also, it explores the digitization of geotechnical data, from execution in the field to integration into digital infrastructures (AGS and GIS). It covers the complete process of collecting and processing data through boreholes, mechanical borings, and in situ testings, including penetration tests (SPT) and the installation of piezometers, followed by analyzing samples collected in the laboratory. It also focuses on transferring geotechnical data using various informatic tools, including the 'ME-AGS GENERATOR' developed to standardize and simplify geotechnical data. The abovementioned software tool was used to convert data in ".xls" format to ".ags" format, an essential conversion for validating the AGS format and guaranteeing the conformity and integrity of the data. Once validated, the data can be used effectively in georeferenced software, such as QGIS, to create detailed digital models, integrating geotechnical and cartographic information. The case study aims to corroborate the functionality of the various digital tools in geotechnical practice, obtaining digitized information and thus enabling the standardized sharing of geotechnical data.

Keywords: Geotechnical Exploration, Standardization, Digitization, Transfer, Geotechnical Data

[página propositadamente em branco]

Agradecimentos

Expresso a minha gratidão à empresa Mota-Engil – Engenharia e Construção S.A. e ao Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) pela oportunidade de realização de um estágio curricular profissionalizante, que serviu de base para esta dissertação de mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente.

Ao meu orientador do ISEP, Professor Helder I. Chaminé, e ao meu supervisor da Mota-Engil S.A., Engenheiro Geólogo João Branco, os meus sinceros agradecimentos pela confiança depositada e pelo constante acompanhamento durante a elaboração deste trabalho.

Ao orientador científico, Professor Helder I. Chaminé (DEG e LABCARGA|ISEP), pela confiança depositada no meu trabalho e por me ter colocado em contacto com a equipa da Mota-Engil. O seu apoio contínuo, a partilha de bibliografia, o acolhimento e a sua mentoria foram fundamentais para o bom funcionamento deste trabalho.

Ao Engenheiro João Branco (Mota-Engil) pelo desafio proposto, pelo acompanhamento atento, pela disponibilidade constante, pelo empenho em envolver-me nas diversas atividades realizadas e pela prontidão em responder às minhas dúvidas.

Agradeço ao Departamento de Geotecnia da Mota-Engil (MEEC GEO) e, em especial, ao Engenheiro João Branco, Engenheiro Jorge Cruz, Engenheira Beatriz Cruz, Engenheira Daniela Cunha e à Doutora Liliana Freitas pelo acolhimento, pelos conhecimentos transmitidos, pela disponibilidade e espírito de entreatajuda. A todos os outros colaboradores da equipa, agradeço pelo acolhimento caloroso e simpatia.

Aos meus colegas do ISEP, pelo espírito de camaradagem, amizade e motivação ao longo do meu percurso académico.

A toda a minha família e amigos, onde realço os meus Pais e companheiro pelo carinho, amor, paciência, acompanhamento e motivação que me deram, incondicionalmente, ao longo destes anos. Foram os pilares essenciais no meu percurso e na minha formação como pessoa.

[página propositadamente em branco]

Índice

1. Introdução.....	3
1.1. Considerações Iniciais	3
1.2. Generalidades	6
1.3. Objetivos	8
1.4. Organização.....	9
2. Metodologias e Métodos	13
2.1. Poços	15
2.2. ‘Standard Penetration Test’ (SPT)	16
2.3. Piezómetros.....	19
2.4. Ensaio Laboratoriais.....	20
2.4.1. Análise Granulométrica por Peneiração.....	21
2.4.2. Limites de Atterberg.....	22
2.4.3. Teor em Água	23
2.4.4. Peso Específico Aparente	23
2.4.5. Densidade das Partículas.....	24
2.4.6. Ensaio de Corte Direto (CU) em Amostras Intactas	24
2.4.7. Características Químicas dos Solos e das Águas	25
2.4.8. Teor da Matéria Orgânica.....	25
2.4.9. CBR	26
3. Aplicações Geo-Informáticas: Breve Síntese	31
3.1. LogPlot.....	31
3.2. GEO5.....	32
3.3. AGS	33
3.3.1. Considerações Iniciais.....	33
3.3.2. Os Grupos: obrigatórios e não obrigatórios	35
3.3.3. Tipos de dados.....	37
3.3.4. Formato de dados e as suas regras	39
3.3.5. Validadores de ficheiros AGS.....	43
3.4. ‘ME-AGS GENERATOR’	44
3.4.1. Considerações Iniciais.....	44
3.4.2. Regras de utilização	44
3.5. QGIS.....	48
3.5.1. Considerações Iniciais.....	48
3.5.2. Sistema de Coordenadas Cartográficas.....	49
4. Caso de Estudo: Digitalização de uma Campanha de Prospeção Geológico- Geotécnica — Desde a Execução em Campo às Infraestruturas Digitais.....	53
4.1. Considerações Iniciais	53
4.2. Enquadramento.....	54
4.2.1. Enquadramento Geográfico	54
4.2.2. Enquadramento Geológico.....	54
4.3. Prospeção Geológico-Geotécnica <i>in situ</i>	55
4.4. Relatório Geotécnico.....	60
4.5. Conversão de dados no ‘ME-AGS GENERATOR’	65
4.5.1. Grupos Definidos	65
4.5.2. Apresentação dos dados	66
4.5.2.1. Grupo PROJ	67
4.5.2.2. Grupo ABBR	68

4.5.2.3.	Grupo FILE	69
4.5.2.4.	Grupo TRAN	70
4.5.2.5.	Grupo TYPE	71
4.5.2.6.	Grupo UNIT	72
4.5.2.7.	Grupo LOCA.....	73
4.5.2.8.	Grupo STND	74
4.5.2.9.	Grupo ISPT	75
4.5.2.10.	Grupo GEOL	75
4.5.2.11.	Grupo PIPE.....	77
4.5.2.12.	Grupo SAMP	78
4.5.3.	Geração do Código AGS.....	78
4.5.4.	Validação do Código	83
4.5.4.1.	Validador de Ficheiros AGS – ‘ <i>British Geological Survey</i> ’	84
4.5.4.2.	Validador de Ficheiros AGS – v1.0.0	86
4.5.5.	Correção dos erros AGS - Validação Final.....	87
4.6.	Georreferenciação dos Dados	90
4.6.1.	Introdução dos dados no QGIS.....	90
4.6.2.	Transferência de dados para o Lizmap (WebSIG).....	94
5.	Conclusões.....	101
5.1.	Potencialidades e Limitações	103
5.2.	Perspetivas Futuras	104
6.	Referências	107
7.	Anexos.....	111

Lista de figuras

Figura 1: Digitalização em Geotecnia: da execução em campo à infraestrutura digital.....	6
Figura 2: Faseamento do geoprocessamento e análise geoespacial (retirado de www.geoaplicada.com em 26/03/2024)	8
Figura 3: Organização conceptual da investigação de mestrado.....	10
Figura 4: Exemplo de um poço (imagem de Mota-Engil).....	15
Figura 5: Ensaio SPT (imagens Mota-Engil): a) vista do ensaio com o martelo pronto a cair; b) amostrador normalizado de Terzaghi; c) amostrador aberto após o ensaio.....	16
Figura 6: Piezómetro: a) representação (imagem de Mota-Engil); b) esquematização (retirado de www.researchgate.net/ a 27/03/2024)	19
Figura 7: Análise Granulométrica: conjunto de peneiros e peneirador mecânico (retirado de https://dynapac.blog/ , em 27/03/2024).....	21
Figura 8: Estados característicos de consistência dos solos finos e os Limites de Atterberg (adaptado e retirado de www.suportesolos.com , em 9/04/2024).....	22
Figura 9: Correlação entre a tensão cisalhante na rotura e a tensão normal (retirado de https://alemdainercia.com/ a 9/04/2024).....	24
Figura 10: Recolha de amostras de água (imagens Mota-Engil): a) amostrador de <i>Bailer</i> ; b) realização da mistura da água do solo com um ácido.	25
Figura 11: Ensaio CBR: equipamentos (retirado de https://alemdainercia.com/ , em 9/04/2024). 26	
Figura 12: Exemplo de digrama obtido através do <i>software</i> LogPlot (retirado de www.rockware.com, em 20/03/2024).....	32
Figura 13: Representação esquemática das atualizações do formato AGS (retirado de Cruz, 2022).	35
Figura 14: Grupos do formato de dados AGS4 (adaptado de Pinto, 2023).	36
Figura 15: Esquema dos ficheiros de dados AGS e grupos de dados (adaptado de Mokarram, 2010).	39
Figura 16: Fluxograma de todos os grupos <i>filho</i> e os respetivos grupos <i>pai</i> que tem, obrigatoriamente, de ser selecionados se for selecionado o grupo <i>filho</i> (retirado de Pinto, 2023).	47
Figura 17: Localização geográfica do local em estudo (retirado de earth.google.com/ , em 15/04/2024).	54
Figura 18: Representação Geológica do local em estudo, num excerto da Carta Geológica de Teixeira & Zbyszewski, 1975 (retirado de geoportal.ineg.pt/ , em 15/04/2024).	55
Figura 19: Chegada dos equipamentos ao local da obra (Imagens Mota-Engil).....	56
Figura 20: Marcação dos pontos de prospeção (Imagem Mota-Engil).	57
Figura 21: a) Sondagem à rotação; b) Ensaio SPT. (Imagens Mota-Engil).....	58
Figura 22: Execução do poço de prospeção. (Imagem Mota-Engil).....	58
Figura 23: Monitorização dos piezómetros. (Imagem Mota-Engil).	59
Figura 24: Planta de localização da campanha de prospeção geológica-geotécnica complementar realizada pela Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A. - Geotecnia.....	59
Figura 25: Exemplo das caixas referentes às amostras de uma sondagem (S3-Pz).....	60
Figura 26: Exemplo de um boletim de sondagem (log) realizado pela Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A. - Geotecnia.....	61
Figura 27: Projeção dos horizontes geotécnicos na carta de escavabilidade de Petiffer & Fookes (adaptado de Galiza et al., 2011).	63
Figura 28: Exemplo de um perfil geotécnico interpretativo entre sondagens realizado pela Mota- Engil, Engenharia e Construção, S.A. - Geotecnia.	64
Figura 29: Associação dos ensaios realizados com os respetivos grupos do formato digital AGS. .	66
Figura 30: Inicialização do 'ME-AGS GENERATOR' e seleção dos grupos de trabalho.....	67

Figura 31: Introdução de dados no grupo PROJ.....	68
Figura 32: Introdução de dados no grupo ABBR.	69
Figura 33: Introdução de dados no grupo FILE.....	70
Figura 34: Introdução de dados no grupo TRAN.	71
Figura 35: Introdução de dados no grupo TYPE.	72
Figura 36: Introdução de dados no grupo UNIT.	73
Figura 37: Introdução de dados no grupo LOCA.	74
Figura 38: Introdução de dados no grupo STDN.	74
Figura 39: Introdução de dados no grupo ISPT.	75
Figura 40: Introdução de dados no grupo GEOL.	77
Figura 41: Introdução de dados no grupo PIPE.	77
Figura 42: Introdução de dados no grupo SAMP.	78
Figura 43: Folha de abertura da inicialização da aplicação 'ME-AGS GENERATOR'.....	79
Figura 44: Ficheiro final no formato de dados AGS.....	79
Figura 45: Excerto do código em formato AGS.	80
Figura 46: Introdução das coordenadas de referência.	90
Figura 47: Introdução dos dados de referência.	91
Figura 48: Criação da camada de pontos a partir da tabela dos dados de referência.....	92
Figura 49: Representação em QGIS da prospeção geotécnica realizada.	92
Figura 50: Organização das pastas no servidor da Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A.	93
Figura 51: Organização da pasta Anexos no servidor da Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A.	94
Figura 52: Arquitetura do Lizmap (retirado de https://docs.lizmap.com/ , em 14/06/2024).	94
Figura 53: <i>Plugin</i> Lizmap do QGIS Desktop.	95
Figura 54: Visualização do servidor GISMEEC.	96
Figura 55: Visualização geral dos pontos referentes à obra (Lizmap).....	96
Figura 56: Visualização do popup que contém a tabela de atributos bem como os ficheiros anexados.	97
Figura 57: Faseamento do processo de digitalização em geotecnia.....	102

Lista de quadros

Quadro 1: Síntese de Trabalhos executados (adaptado de ‘Mapa de Trabalhos e Quantidades – Campanha de Prospecção’ - Arquivo Mota-Engil).	14
Quadro 2: Abertura de Peneiros da série ASTM.	22
Quadro 3: Histórico das edições AGS (adaptado de Cruz, 2022).	34
Quadro 4: Grupos obrigatórios num ficheiro AGS (adaptado de Cruz, 2022).	37
Quadro 5: Unidades utilizadas nos Grupos do AGS4 (adaptado de AGS, 2022).	38
Quadro 6: Indicadores de estado para os Títulos (HEADINGS) (adaptado de AGS, 2022).	39
Quadro 7: Regras dos ficheiros do formato AGS4 (adaptado de AGS, 2022).	40
Quadro 8: Caracteres para a estruturação e padronização dos arquivos AGS (pormenores em: https://www.asciitable.com/).....	45
Quadro 9: Ensaios envolvidos na parametrização.	62
Quadro 10: Zonas geotécnicas e respetiva parametrização.	63

[página propositadamente em branco]

Acrónimos

Lista de Acrónimos

ABBR	<i>Abbreviation Definitions</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
AGS	<i>Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists</i>
BGS	<i>British Geological Survey</i>
BKFL	<i>Exploratory Hole Backfill Details</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CDIA	<i>Casing Diameter by Depth</i>
CHIS	<i>Chiselling Details</i>
CHOC	<i>Chain of Custody Information</i>
CORE	<i>Coring Information</i>
CSV	<i>Comma Separated Values</i>
DCPG	<i>Dynamic Cone Penetrometer Tests: General</i>
DCPT	<i>Dynamic Cone Penetrometer Tests: Data</i>
DETL	<i>Stratum Detail Descriptions</i>
DICT	<i>User Defined Groups and Headings</i>
DISC	<i>Discontinuity Data</i>
DLOG	<i>Driller Geological Description</i>
DOBS	<i>Drilling / Advancement Observations & Parameters</i>
DPRB	<i>Dynamic Probe Tests: Data</i>
DPRG	<i>Dynamic Probe Tests: General</i>
DPSH	<i>Penetrómetro Dinâmico Superpesado</i>
DREM	<i>Depth Related Remarks</i>
FGHG	<i>Field Geohydraulic Testing: General</i>
FGHI	<i>Field Geohydraulic Testing: Instrumentation Details</i>
FGHS	<i>Field Geohydraulic Testing: Test Results (per stage)</i>
FGHT	<i>Field Geohydraulic Testing: Data</i>
FILE	<i>Associated Files</i>
FLSH	<i>Drilling Flush Details</i>
FRAC	<i>Fracture Spacing</i>
GEOLOG	<i>Field Geological Descriptions</i>
HDIA	<i>Hole Diameter by Depth</i>
HDPH	<i>Depth Related Exploratory Hole Information</i>

Heading	Cabeçalho
HORN	<i>Exploratory Hole Orientation and Inclination</i>
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
ICBR	<i>In Situ California Bearing Ratio Tests</i>
IDEN	<i>In Situ Density Tests</i>
IFID	<i>On Site Volatile Headspace Testing Using Flame Ionisation Detector</i>
IPEN	<i>In Situ Hand Penetrometer Tests</i>
IPID	<i>On Site Volatile Headspace Testing by Photo Ionisation Detector</i>
IRDX	<i>In Situ Redox Tests</i>
IRES	<i>In Situ Resistivity Tests</i>
ISAG	<i>Soakaway Tests: General</i>
ISAT	<i>Soakaway Tests: Data</i>
ISPT	<i>Standard Penetration Test Results</i>
ISRM	<i>International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering</i>
IVAN	<i>In Situ Vane Tests</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LBSG	<i>Testing Schedule</i>
LBST	<i>Testing Schedule Details</i>
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
LOCA	<i>Location Details</i>
ME	Mota-Engil
MOND	<i>Monitoring Readings</i>
MONG	<i>Monitoring Installations and Instruments</i>
NP	Norma Portuguesa
PIPE	<i>Monitoring Installation Pipe Work</i>
PLTG	<i>Plate Loading Tests: General</i>
PLTT	<i>Plate Loading Tests: Data</i>
PMTD	<i>Pressuremeter Test Data</i>
PMTG	<i>Pressuremeter Test Results: General</i>
PMTL	<i>Pressuremeter Test Results: Individual Loops</i>
PREM	<i>Project Specific Time Related Remarks</i>
PROJ	<i>Project Information</i>
PTIM	<i>Boring / Drilling Progress by Time</i>
PUMG	<i>Pumping Tests: General</i>
PUMT	<i>Pumping Tests: Data</i>

SAMP	<i>Sample Information</i>
SCDG	<i>Static Cone Dissipation Tests: General</i>
SCDT	<i>Static Cone Dissipation Tests: Data</i>
SCPG	<i>Static Cone Penetration Tests: General</i>
SCPP	<i>Static Cone Penetration Tests: Derived Parameters</i>
SCPT	<i>Static Cone Penetration Tests: Data</i>
SPT	<i>Standard Penetration Test</i>
STND	<i>Standards / Specifications</i>
TRAN	<i>Data File Transmission Information / Data Status</i>
TREM	<i>Location Specific Time Related Remarks</i>
TYPE	<i>Definition of Data Types</i>
Type	<i>Formato / Tipo</i>
UNIT	<i>Definition of Units</i>
Unit	<i>Unidade</i>
VBA	<i>Visual Basic for Applications</i>
WADD	<i>Water Added Records</i>
WETH	<i>Weathering</i>
WGPG	<i>Wireline Geophysics: General</i>
WGPT	<i>Wireline Geophysics: Readings</i>
WINS	<i>Window or Windowless Sampling Run Details</i>
WSTD	<i>Water Strike: Details</i>
WSTG	<i>Water Strike: General</i>

[página propositadamente em branco]

Capítulo I

Introdução Geral

[página propositadamente em branco]

1. Introdução

1.1. Considerações Iniciais

O presente estudo foi realizado no contexto da unidade curricular "Dissertação/Estágio/Projeto", do 2.º ano do Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente (MEGG), do Departamento de Engenharia Geotécnica (DEG) do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) — Politécnico do Porto (P.Porto). A investigação assumiu a forma de um estágio curricular em ambiente empresarial e foi desenvolvida em colaboração entre o ISEP, representado pelo Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada (LABCARGA), orientado pelo Professor Helder I. Chaminé (DEG e LABCARGA) e a empresa Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A. – Departamento de Geotecnia, supervisionado pelo Engenheiro João Branco (Mota-Engil), contando ainda com a colaboração de uma equipa multidisciplinar de técnicos de engenharia constituída pela Engenheira Daniela Cunha e Engenheira Beatriz Cruz (Mota-Engil, Departamento de Geotecnia) e pela Doutora Liliana Freitas (Mota-Engil, Departamento de Topografia e Cartografia e ainda investigadora colaboradora no LABCARGA | ISEP). O apoio e a troca de impressões com o Engenheiro Jorge Cruz (Mota-Engil, Departamento de Geotecnia), especialmente no arranque do estágio, foram fundamentais para a conclusão desta investigação de mestrado.

Esta dissertação é fundamentada com um caso de estudo prático na área da engenharia geotécnica, com especial foco na execução de uma campanha de prospeção geotécnica e na sua aplicação às várias infraestruturas digitais, são estas *'Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists'* – AGS (Associação de Especialistas em Geotecnia e Geoambiente – AGS) e SIG (Sistemas de Informação Geográfica – SIG).

Diante do exposto, é importante salientar que a aplicação dos dados da prospeção geotécnica à infraestrutura digital – AGS – surge na sequência de outras duas dissertações de investigação em contexto de indústria (pormenores em Cruz, 2022 e Pinto, 2023) desenvolvidas, também, com a

estreita colaboração entre o ISEP, representado pelo Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada (LABCARGA) e a empresa Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A. – Departamento de Geotecnia, no âmbito da “Uniformização de Dados Digitais – *Digital Format Data*: vantagens e aplicação na prática geotécnica” (Cruz, 2022) e posterior criação de “Uma abordagem de programação eficiente para a geração de ficheiros AGS4 em casos práticos geotécnicos” (Pinto, 2023). Ambos os autores lideraram duas publicações de congresso com os traços muito gerais do trabalho desenvolvido nas suas investigações de mestrado (consultar Cruz et al., 2023; Pinto et al., 2023).

A crescente necessidade de estudo e análise dos terrenos (sejam solos, rochas brandas ou rochas duras) em obras de engenharia tem-se destacado cada vez mais ao longo do tempo, devido à ocorrência de uma série de acidentes em projetos de grande envergadura. Estes, refletem uma compreensão inadequada dos princípios até então adotados, evidenciando a importância de uma abordagem mais rigorosa para mitigar tais suscetibilidades ao risco.

A prospeção geotécnica emerge como um método fundamental para realizar o estudo e análise dos terrenos, envolvendo diversas metodologias e a realização de ensaios de prospeção. Os ensaios desempenham um papel crucial no projeto geotécnico, uma vez que permitem a determinação das características e propriedades mecânicas dos terrenos, em particular dos solos. Essa caracterização é essencial para prever, na medida do possível, o comportamento dos solos, quanto mais pormenorizada e abrangente for a caracterização, melhor será a previsão do comportamento dos terrenos durante e após a execução da obra (Rodrigues, 2016). Neste caso, o estudo irá incidir sobre o acompanhamento de uma campanha de prospeção realizada pelo Departamento de Geotecnia da Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A. a uma obra de edificação habitacional, em Aveiro.

No âmbito da prospeção geotécnica, são empregues diversas técnicas para alcançar os objetivos mencionados anteriormente, incluindo ensaios de campo ou in situ e laboratoriais.

Após a realização dos ensaios, procede-se à análise dos resultados obtidos, o que permite inferir sobre as propriedades geotécnicas que afetam o comportamento mecânico do solo específico em consideração. O aprofundamento de todo o trabalho de prospeção e de gabinete desenvolvidos resultam na realização de um relatório técnico, que contém as informações necessárias para proceder à sua aplicação nas infraestruturas digitais.

É crucial reconhecer que todo e qualquer tipo de informação geotécnica é valiosa e deverá ser partilhada de forma contínua e estratégica. A atualização constante das informações, combinada com a preservação daquelas mais antigas, é fundamental para maximizar o seu valor ao

longo do tempo. No fundo, informação gera informação e quanto mais se utilizar, mais informação é produzida (Ikematu, 2001).

Assim, e de forma a interligar a geotecnia dos diferentes países, foi criado, em 1991, um grupo de trabalho que teve como principal objetivo: a criação de um formato digital de dados que torna uma transferência de dados o mais uniforme possível, a “AGS”. Esta uniformização de dados possibilita às empresas de desenvolvimento de ‘software’ geotécnico com uma maior facilidade na conceção de programas. O desenvolvimento de um formato de dados global para a área da geotecnia foi, e ainda é, abordada por vários autores como sendo uma grande preocupação para o mundo geotécnico, nomeadamente, por Threadgold & Hutchison (1992), Toll & Oliver (1995), Toll & Cubitt (2003), Toll (2008, 2009), Zimmermann et al. (2006), Mokarram (2010), Bland et al. (2014), Moitinho de Almeida et al. (2014), Cadden & Keelor (2017), Deaton (2018), Cruz (2022), Cruz et al. (2023), Pinto (2023) e Pinto et al. (2023).

Em prol da crescente evolução do formato digital “.ags”, existiu a necessidade de facilitar a criação deste tipo de ficheiros. Daí, ter surgido o desenvolvimento de uma aplicação informática, baseada em MS. Excel© e segundo a programação em VBA, que possibilita introduzir dados em formato “.xls” para posterior criação de um ficheiro no formato de dados “.ags” (Pinto, 2023). Assim, tomou a designação de ‘ME-AGS GENERATOR’ e o aplicativo informático foi desenvolvido na sua dissertação de mestrado apresentada e defendida no ISEP por Pinto (2023). Poder-se-á, ainda, encontrar em Pinto et al. (2023) um brevíssimo resumo dos fundamentos e da importância do aplicativo ‘ME-AGS GENERATOR’ desenvolvido.

Com o ficheiro AGS criado, através da aplicação ‘ME-AGS GENERATOR’, é fundamental proceder a uma validação do seu conteúdo de forma a compreender se este cumpre com todas as regras do formato de dados AGS.

O código final conterá dados geotécnicos e relatório de dados, o que permite que os programas que têm a capacidade de ler ficheiros AGS, como o QGIS e ArcGIS, possam incorporar os dados geotécnicos a dados topográficos para a criação de um zonamento geotécnico. Além disso, o formato de dados AGS desempenha um papel importante de gestão de dados geotécnicos e geoambientais como parte do processo de *Building Information Modelling* (BIM).

A Figura 1 ilustra todo o processo a ter em conta para a digitalização em geotecnia, a iniciar pela campanha de prospeção e reconhecimento geotécnico até à sua aplicação para criação de modelos digitais para apoiar a decisão em geotecnia.

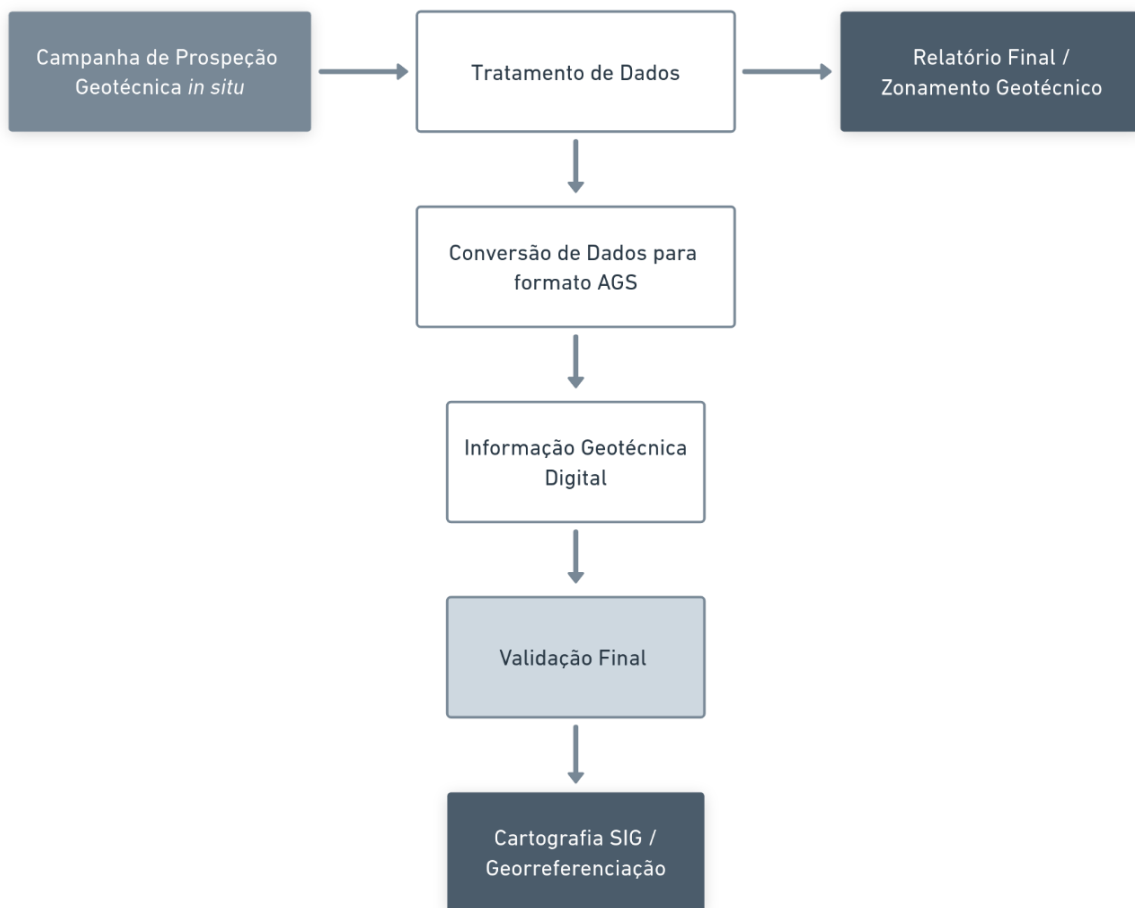


Figura 1: Digitalização em Geotecnia: da execução em campo à infraestrutura digital.

1.2. Generalidades

No contexto atual, a digitalização desempenha um papel fundamental para aprimorar a eficiência e a otimização de todas as fases envolvidas na análise e interpretação dos dados geotécnicos. Num cenário dinâmico, onde os programas informáticos continuam em constante evolução, torna-se imperativo adotar uma abordagem reflexiva, recuando, a fim de reunir toda a gama de informações disponíveis. Este passo permitirá explorar os dados acumulados ao longo do tempo, compreendendo padrões, identificando lacunas e compreendendo a amplitude da sua potencial aplicação. Ao fazê-lo de maneira faseada e progressiva, é possível entender a utilidade e a versatilidade desses dados, aproveitando ao máximo a sua capacidade de informar e orientar decisões críticas no campo da geotecnia. Daí ser muito importante o recurso às cartografias de geociências de engenharia e geotécnica para fins de engenharia (e.g., Gonzalez de Vallejo & Ferrer, 2011; Chaminé, 2013, 2016, 2021; Chaminé, et al. 2016; Chaminé & Fernandes, 2023; Wang & Tian, 2024).

Deste modo, destacou-se a necessidade da realização deste projeto. Este, envolve todas as fases da obra, desde o acompanhamento prático das atividades (como marcações de sondagens e a sua realização, execução de prospeção, etc.), até ao tratamento dos dados recolhidos para formato digital, que inclui a produção de *logs*, relatórios, peças desenhadas e uma componente crucial relacionada à digitalização da geotecnia. Esta digitalização implica a transformação dos dados no formato digital AGS4.1.1, utilizando uma aplicação recentemente desenvolvida ('ME-AGS GENERATOR') que simplifica a criação de ficheiros com o formato digital ".ags" (Pinto, 2023; Pinto et al., 2023). Além disso, é essencial integrar todas essas informações numa base de dados que irá incluir numa plataforma SIG ou QGIS.

Nesse sentido, surgiu a oportunidade de acompanhar uma obra da Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A. – Departamento de Geotecnia, a fim de realizar a caracterização do solo, num terreno que, anteriormente, abrigava uma Fábrica da Luzoestela, junto à estação da C.P. em Esgueira (Vera Cruz, Aveiro). Este local dará origem a um conjunto habitacional de renda acessível.

Tal como foi referido anteriormente, uma vez recolhidos, os dados geotécnicos precisam de ser organizados, armazenados e analisados de forma eficaz. É aqui que entra a infraestrutura digital, incluindo o uso de formatos de dados padronizados como os do AGS (*Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists*). O AGS é um conjunto de padrões de dados amplamente adotado na indústria geotécnica, que define um formato de ficheiros para relatórios de sondagem, ensaios de campo, perfis geotécnicos e outros dados relacionados. Neste formato, a informação modifica-se e transforma-se em dados com o formato AGS, criando um código que conterá dados geotécnicos e um relatório de dados que facilita a troca de informações entre diferentes partes interessadas e a integração de dados nas diferentes fontes, associando-os a pontos e atribuindo-lhes geometria, a fim de obter informação geográfica.

A cartografia IG, ou cartografia de informação geográfica, é uma área especializada da cartografia que se concentra na representação e visualização de dados geográficos utilizando ferramentas digitais e tecnologias de informação geográfica (IG). Combina princípios de cartografia tradicional com técnicas modernas de processamento de dados espaciais e visualização.

É frequentemente associada a Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Os SIG são um conjunto de sistemas de software e hardware capaz de produzir, armazenar, processar, analisar e representar inúmeras informações sobre um dado espaço geográfico, tendo como produto final mapas temáticos, imagens de satélites, cartas topográficas, gráficos e tabelas. Estes produtos são importantes para a análise de evoluções espaciais e temporais de um fenómeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenómenos espaciais.

Os mapas produzidos pela cartografia de informação geográfica podem ser altamente interativos e dinâmicos, permitindo aos utilizadores explorar os dados de maneira mais detalhada e realizar análises espaciais precisas. Estes mapas podem incluir camadas de dados de diferentes fontes e formatos, como imagens de satélite, modelos digitais de terreno, informações demográficas e socioeconómicas, entre outros (McMaster & Shea, 1992).

A cartografia enquadrada em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica) tem diversas vantagens face à sua vertente CAD (Desenho Assistido por Computador). Uma das mais preponderantes trata-se da implementação de atributos em base de dados. Estes são conjuntos de informação suplementar referentes a elementos geoespaciais presentes nos mapas.

Assim, em complemento ao desenho cartográfico, os atributos são utilizados para documentar características e propriedades dos dados. Permitindo uma análise mais eficaz e abrangente dos mesmos. Estes podem ser filtrados e consultados conforme as diferentes necessidades dos utilizadores destes sistemas.

Um software SIG é a ferramenta computacional do geoprocessamento e análise geoespacial, que por sua vez pode ser definido como observado na Figura 2.

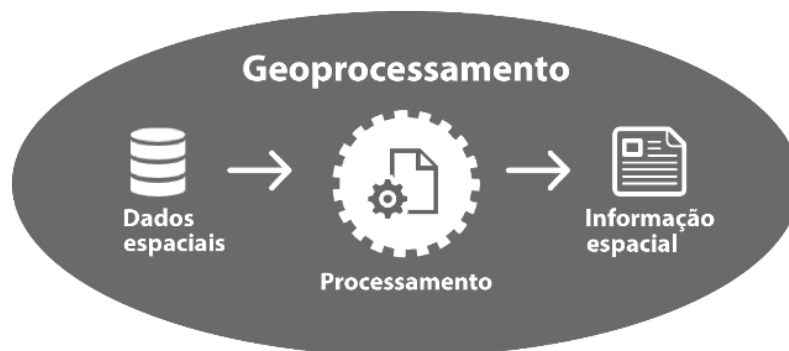


Figura 2: Faseamento do geoprocessamento e análise geoespacial (retirado de www.geoaplicada.com em 26/03/2024)

O Geoprocessamento possui diversas aplicações em diferentes setores da economia, nos serviços públicos e na conservação ambiental, como ArcGIS e o QGIS. Este último irá ser utilizado na fase final deste caso de estudo.

1.3. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo principal demonstrar a importância e os benefícios da digitalização da geotecnia em todas as fases do seu processo: iniciando numa primeira fase do reconhecimento geológico-geotécnico e campanha de prospeção geotécnica até a elaboração do

relatório geotécnico final, habitualmente e metodicamente realizado, e, posteriormente, passando ao cruzamento de dados em diversas aplicações desenvolvidas para transferência de dados e realização de modelos digitais.

Assim, como principais objetivos desta dissertação destacam-se os seguintes tópicos, aplicando um caso prático de obra:

- Abordar, não apenas os aspetos técnicos da digitalização, mas também as suas implicações práticas e os impactos na qualidade e precisão dos resultados obtidos;
- Explorar as diferentes tecnologias e ferramentas disponíveis para o armazenamento, processamento e análise de dados geotécnicos, destacando os avanços significativos alcançados por meio da integração de sistemas digitais;
- Verificar a veracidade e manuseamento das aplicações recentemente desenvolvidas;
- Enfatizar a importância do cruzamento de dados em várias aplicações desenvolvidas para transferência de dados e criação de modelos digitais;
- No final, espera-se fornecer uma visão abrangente e atualizada sobre o papel da digitalização na prática geotecnia, evidenciando as suas vantagens em termos de eficiência, precisão e sustentabilidade nos processos de investigação, análise e avaliação do subsolo.

1.4. Organização

Esta dissertação encontra-se estruturada da seguinte forma, no:

- Capítulo I: Pretende-se contextualizar a dissertação, nomeadamente, referindo as fases sequenciais da digitalização em geotecnia. Apresenta-se, também, bem os objetivos da dissertação e a sua organização;
- Capítulo II: Será apresentada uma breve introdução teórica aos métodos e metodologias aplicadas no desenvolvimento do estudo: plano de prospeção geotécnica executado e avaliação preliminar;
- Capítulo III: É realizada uma abordagem teórica acerca das aplicações geo-informáticas utilizadas neste estudo, para processamento de dados;
- Capítulo IV: Inicia-se a abordagem ao caso de estudo: enquadramento geográfico e geológico do local em estudo; apresenta-se a campanha de prospeção geológico-geotécnica realizada; discutem-se os trabalhos realizados em

gabinete, bem como o desenvolvimento do caso de estudo, através da demonstração de resultados com o auxílio do 'ME-AGS GENERATOR'; aplica-se a georreferenciação dos dados;

Capítulo V: Revelam-se as principais conclusões, as potencialidades e limitações das aplicações utilizadas e as perspetivas futuras para o desenvolvimento da digitalização na prática geotécnica em Portugal;

Capítulo VI: Segue-se as referências bibliográficas.

A Figura 3 ilustra a organização da dissertação.

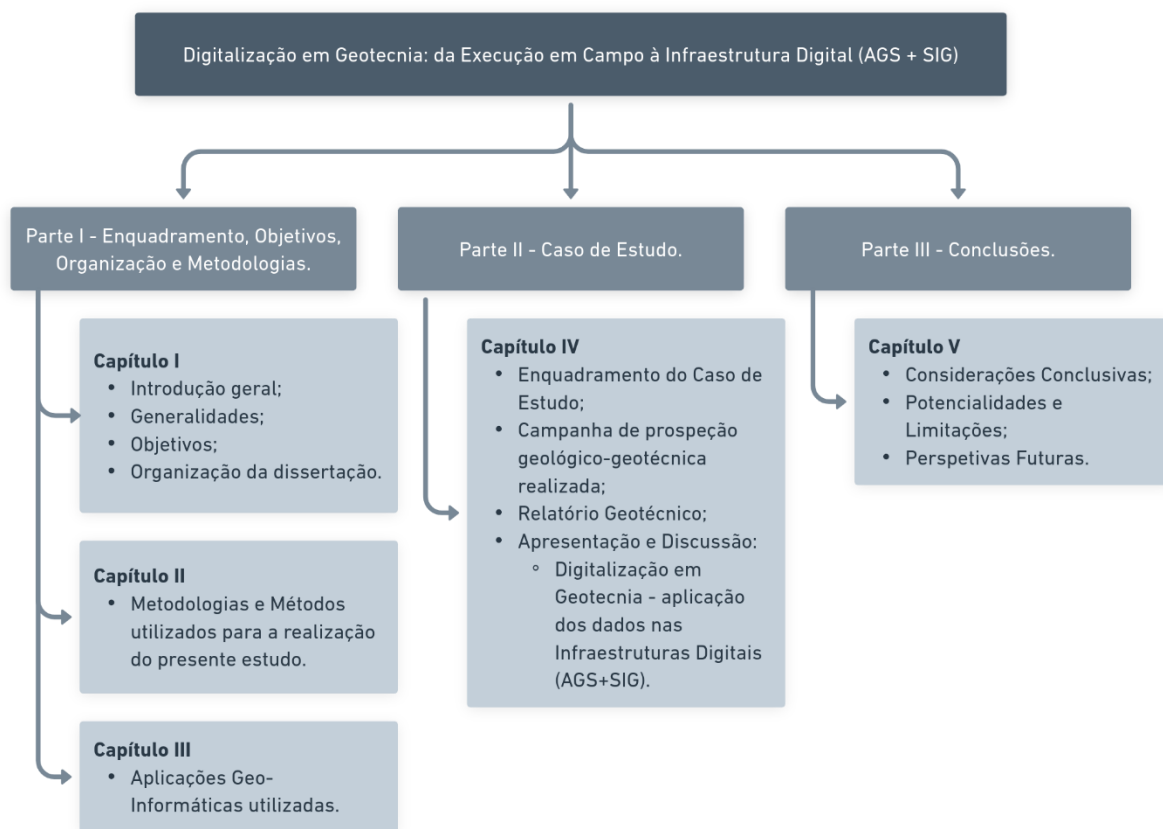


Figura 3: Organização conceptual da investigação de mestrado.

Capítulo II

Metodologias e Métodos

[página propositadamente em branco]

2. Metodologias e Métodos

“Em qualquer local, as condições do terreno devem ser avaliadas para permitir a conceção, construção e exploração rentável dos projetos de engenharia. Esta avaliação inclui, geralmente, a investigação dos terrenos sub-superficiais, que deverá ser orientada para as necessidades e incógnitas específicas do projeto” (Hencher, 2012).

A caracterização geotécnica dos terrenos (especialmente solos e rochas brandas) deve ser realizada por combinação de métodos de reconhecimento consagrados, realizados segundo normas reconhecidas (Ordem dos Engenheiros, 2020). As técnicas de prospeção mecânica e/ou geofísica mais adequadas são selecionadas de acordo com um plano de prospeção, que inclui a definição e localização dos trabalhos de prospeção, bem como orientações sobre a colheita de amostras e a realização de ensaios no local.

No caso do presente estudo, a campanha de prospeção consistiu na realização de um poço; furos com recolha de amostra; execução de *Standard Penetration Test* (SPT); na instrumentação de piezómetros; e, na realização de ensaios laboratoriais.

O Quadro 1 retrata uma síntese de trabalhos imposta, numa fase de estudo prévio para reconhecimento da natureza do solo.

Além da definição e localização dos trabalhos de prospeção, existe uma série de fatores adicionais que devem ser considerados para garantir uma operação eficaz. Segundo Hencher (2012), antes de qualquer movimento, é imperativo avaliar e assegurar acessos adequados para as máquinas e equipamentos necessários. Isto envolve uma análise cuidadosa das condições das estradas de acesso, identificando potenciais obstáculos que possam prejudicar ou dificultar a movimentação das máquinas. A preparação eficaz dos acessos é crucial para garantir a fluidez e a eficácia das operações no local da obra. Além disso, é importante planear adequadamente o transporte de equipamentos e materiais para o local.

Quadro 1: Síntese de Trabalhos executados (adaptado de 'Mapa de Trabalhos e Quantidades – Campanha de Prospecção' - Arquivo Mota-Engil).

Campanha de Prospecção - Síntese de Trabalhos	
1. Poços	Com 1m ² e 2m de profundidade com recurso a equipamento de escavação adequado, incluindo o registo fotográfico e acondicionamento de amostras (água, solo e rochas).
2. SPT	Furação com diâmetro não inferior a 76mm à rotação com amostragem contínua, em todo o tipo de substratos, com ensaios de penetração dinâmica a cada 1,50m, incluindo acondicionamento de amostras (água, solo e rochas) e até que se cumpra uma das condições de critério de paragem.
3. Piezómetros	Fornecimento e Instalação de tubos piezométricos em PVC rígido com diâmetro de 50mm, crepinados, envoltos em geotêxtil, incluindo respetivas tampas de proteção, incluindo todos os trabalhos e materiais necessários.
4. Ensaios Laboratoriais	<p>Análise granulométrica por peneiração (LNEC E-239); Limites de Atterberg (LL+ LP); Teor em água natural (NP 84); Peso específico aparente; Densidade das partículas (NP 83); Ensaio de corte direto (CU) (ASTM D 3080) em amostras intactas; Características químicas dos solos (Sulfatos e Acidez Bauman Guly); Características químicas da água (Sulfatos SO₂-4, pH, CO₂ agressivo, Amónia NH₄+ e Magnésio Mg²⁺); Teor da matéria orgânica; CBR sobre solo "in situ" e após 4 dias de embebição.</p>

Durante o curso da obra, pode ser imprescindível contar com uma fonte confiável de água para encher depósitos que auxiliam a execução de alguns métodos de perfuração. É de suma importância identificar antecipadamente um local apropriado para recolher essa água, levando em consideração a sua acessibilidade e a sua capacidade de atender às demandas de abastecimento dos equipamentos.

Já numa fase posterior de marcação dos pontos de prospecção no local da obra, é vital assegurar que essas marcações sejam visíveis e facilmente identificáveis. O que pode ser alcançado através do uso de estacas, fitas coloridas ou pinturas no solo. Marcadores visíveis facilitam a orientação das equipas de trabalho e a execução precisa das atividades planeadas, minimizando erros e otimizando o tempo de execução.

Ao considerar e implementar cuidadosamente os preparativos referidos, é possível garantir um ambiente de trabalho seguro e eficiente, contribuindo significativamente para o sucesso e para a qualidade da obra geotécnica.

Nos subtópicos que se seguem, serão apresentadas algumas considerações relativas às técnicas de prospeção geotécnicas utilizadas na campanha em questão. Para mais pormenores sobre as técnicas e metodologias consultar, por exemplo, Gonzalez de Vallejo & Ferrer (2011), Hencher (2012), Matos Fernandes (2017, 2021), Norbury (2020) e Fernandes & Chaminé (2023).

2.1. Poços

Este método de prospeção é empregue em solos e rochas brandas. Efetuados em baixas profundidades, sendo possível a escavação em segurança até um máximo de 3 a 4 metros, são executados com recurso a retroescavadoras e, quando a sua execução é manual, que é menos frequente, recorre-se a enxadas, pás e picaretas.

Possuem, usualmente, secção retangular ou quadrada, com dimensões a variar de acordo com as dimensões do braço e balde da retroescavadora (Figura 4). No entanto, para fins hidrogeológicos específicos, podem ser empregues poços com secções circulares.



Figura 4: Exemplo de um poço (imagem de Mota-Engil).

Este método proporciona acesso direto ao local de interesse, permitindo a observação direta e a colheita de amostras, tanto intactas como remexidas, com quantidades consideráveis, muitas vezes na ordem das dezenas de quilos. Ademais, possibilita a realização de ensaios *in situ* para uma avaliação mais precisa das propriedades dos terrenos.

É importante destacar os desafios associados a este método. Os riscos de movimentos de massas são uma preocupação significativa, e a execução da perfuração pode ser condicionada pelo nível freático.

2.2. 'Standard Penetration Test' (SPT)

Segundo Matos Fernandes (2021), o ensaio SPT (*Standard Penetration Test*) é, de longe, o ensaio in situ mais usado em todo o mundo. Foi introduzido nos Estados Unidos pela empresa Raymond Pile Company em 1902, mas a sua utilização alargou-se decisivamente na segunda metade do século XX, com a publicação do livro *Soil Mechanics in Engineering Practice* (Terzaghi & Peck, 1948).

O ensaio consiste em cravar no fundo de um furo de sondagem um amostrador normalizado, por meio dos golpes ou pancadas de um martelo de 63,5 kgf (140 libras) de peso que cai de uma altura de 76 cm (30 polegadas, representado na Figura 5a). O amostrador é um tubo de aço bipartido (com diâmetros exterior e interior de, respetivamente, 51 mm e 35 mm) com comprimento de cerca de 80 cm e peso aproximado de 6,8 kgf (Figura 5b). À extremidade inferior do corpo do amostrador anexa-se um anel cortante que é biselado na boquilha para facilitar a penetração no terreno. Na extremidade oposta é roscada uma peça, dotada de uma válvula de esfera antirretorno e de orifícios laterais para purga do ar e da água durante a cravação, que faz a ligação ao trem de varas.

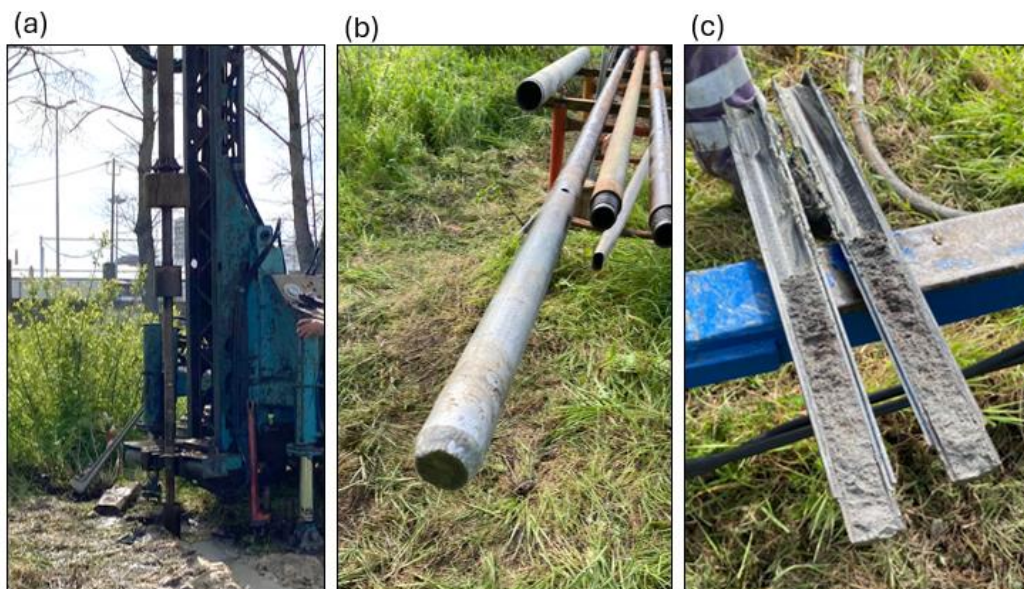


Figura 5: Ensaio SPT (imagens Mota-Engil): a) vista do ensaio com o martelo pronto a cair; b) amostrador normalizado de Terzaghi; c) amostrador aberto após o ensaio.

O processo de execução do ensaio envolve várias etapas cruciais para garantir resultados precisos e confiáveis. Após a interrupção da perfuração, é realizada a limpeza do fundo do furo para remover qualquer material solto resultante da perfuração e do contato com a água usada para preenchimento do furo. Em seguida, o amostrador é descido através do trem de varas até o fundo do furo, onde é ajustado o batente para receber os golpes do martelo.

O ensaio é conduzido em três fases sucessivas, cada uma com penetração de 15 cm. O número total de golpes do martelo na segunda e terceira fases são considerados o resultado do ensaio, enquanto o número de golpes na primeira fase é considerado apenas informativo, destinado a atravessar o solo mais perturbado imediatamente abaixo do fundo do furo.

Se o número de golpes atingir 60 na primeira fase sem uma penetração de 15 cm, ou se o mesmo número de golpes for alcançado na segunda e terceira fases, sem uma penetração de 30 cm, o ensaio é interrompido e o comprimento de penetração é registrado. Esta situação, conhecida como "nega", pode ser usada para extrapolar o valor de N para uma penetração de 30 cm.

A cravação do amostrador é geralmente realizada com um espaçamento de 1,5 metros ou menos, e quando o amostrador é trazido à superfície, é aberto em duas "meias canas", permitindo o exame do solo no seu interior (Figura 5c). Um fragmento dos últimos 30 cm de solo amostrado é então guardado numa pequena caixa estanque, devidamente identificada, a qual é posteriormente examinada pelo técnico responsável pela prospeção para definição da estratigrafia do terreno.

Assim, os perfis geológico-geotécnicos, que descrevem a sequência litológica (e estratigráfica, se possível) do local de construção, são frequentemente baseados nas amostras remexidas obtidas durante os ensaios SPT.

Para a devida utilização do valor NSPT a norma EN ISO 22476-3: 2006, recomenda um conjunto de correções a serem adotadas ao número obtido diretamente do ensaio SPT, estas têm como principal objetivo corrigir e normalizar os resultados do ensaio.

Os fatores que devem ser corrigidos compreendem a energia transmitida ao trem de varas (C_E), os efeitos do comprimento do trem de varas (C_R), os efeitos causados pelos diferentes diâmetros nos furos (C_D) e as alterações causadas devido ao nível de tensões efetivas à profundidade do ensaio (C_N).

Como resultado da aplicação das correções, obtém-se o $(N_1)_{60}$, que representa o valor normalizado e corrigido para uma tensão vertical de 1 atmosfera (aproximadamente 1 bar ou 100 kPa), para solos granulares obtida conforme a equação 1.

$$(N_1)_{60} = NSPT * C_E * C_R * C_D * C_N$$

Onde:

- NSPT – Valor obtido diretamente do ensaio SPT;
- $(N_1)_{60}$ – Valor de N_{60} normalizado para uma tensão efetiva de repouso de 100 KPa;
- C_E – Coeficiente corretivo relacionado com a energia transmitida ao trem de varas;
- C_R – Coeficiente corretivo relacionado com o comprimento do trem de varas;
- C_D – Coeficiente corretivo relacionado com o diâmetro do furo;
- C_N – Coeficiente corretivo relacionado com o efeito da sobrecarga em solos arenosos.

Usualmente adota-se a simplificação da equação 1, o que ocorre devido a divergências entre os autores a respeito dos coeficientes relacionados ao comprimento do trem de varas (C_R) e do diâmetro do furo (C_D), sendo estes coeficientes desprezados por diversos autores, adotado a estes um valor unitário.

Desta forma, a equação 2 apresenta as simplificações realizadas.

$$(N_1)_{60} = NSPT * C_E * C_N$$

Para solos não granulares utiliza-se o valor obtido no ensaio corrigido para um aparelho com eficiência de energia de cravação de 60% (N_{60}), deixando de utilizar o coeficiente corretivo do efeito de sobrecarga em solos arenosos (C_N), este último aplicado somente a solos granulares.

Utilizando as simplificações já mencionadas, vem a equação 3.

$$N_{60} = NSPT * C_E$$

Onde:

- N_{60} – valor de N considerando a energia de referência de 60%.

2.3. Piezómetros

Os piezómetros são utilizados para efetuar medições da pressão hidrostática e do nível de água subterrânea nos locais de estudo.

O piezómetro, como dispositivo de medição e instrumentação, fornece dados essenciais sobre a posição e variação do nível freático ao longo do tempo, facultando, assim, informações cruciais para vários fins, incluindo a avaliação da estabilidade de taludes, o planeamento e construção em áreas com elevadas pressões hidrostáticas e o controlo da construção de aterros.

Existem dois tipos de piezómetros, os piezómetros de tubo ascendente, muitas vezes chamados de piezómetros de tubo aberto ou de Casagrande e os piezómetros com diafragma, onde estão incluídos os piezómetros de corda vibrante, os piezómetros pneumáticos e os piezómetros *strain-gauge* (Silva, 2022).

Habitualmente, o mais utilizado é o piezómetro de tubo aberto, ou de Casagrande, (Figura 6a). Consiste em isolar um furo de sondagem, por meio da instalação de tubos ranhurados, envolvidos em areão e componentes bentoníticos (Figura 6b). Desta forma, o aumento ou decréscimo de pressão hidráulica irá fazer com que o nível de água suba ou desça dentro do tubo, o que permite medir a altura da água presente no solo através da inserção de uma sonda no interior do tubo (Vallejo, 2004).

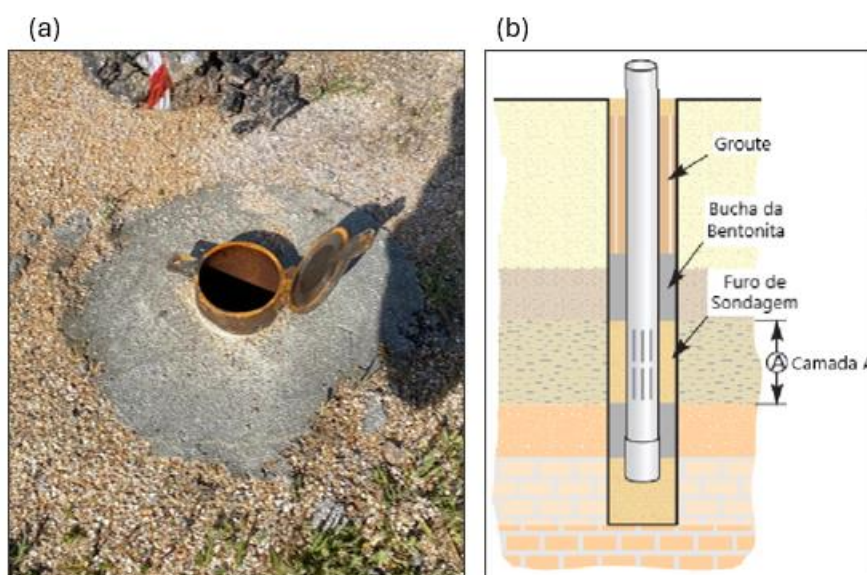


Figura 6: Piezómetro: a) representação (imagem de Mota-Engil); b) esquematização (retirado de www.researchgate.net/ a 27/03/2024)

2.4. Ensaio Laboratoriais

Consoante o que foi referido anteriormente, os ensaios de campo são essenciais para fornecer informações sobre as propriedades do solo no seu ambiente natural, ou seja, *in situ*. Todavia, devido às limitações impostas pelo ambiente externo e pela impossibilidade de controlar completamente as condições de contorno, estes ensaios podem não fornecer uma compreensão completa das características intrínsecas do solo.

O solo apresenta uma constituição diferente dos restantes materiais de construção, podendo ser mencionadas três principais características distintivas (Coduto, 1999):

- O solo é um material natural, cujas propriedades variam substancialmente segundo raios de variação errática e heterogénea;
- O solo não constitui uma massa contínua;
- O solo pode conter as três fases de matéria existentes na natureza (sólida, líquida e gasosa), em proporções variadas.

Segundo vários autores como Terzaghy & Peck (1948), Coduto (1999), Spigolon (2001) e Matos Fernandes (2012), as propriedades geotécnicas de um solo dependem maioritariamente das características associadas ao imbricamento e interação entre partículas e, de forma menos significativa, das propriedades internas de cada constituinte individual.

Assim, os ensaios de laboratório oferecem a vantagem de permitir um controle mais preciso das condições durante os procedimentos. O que significa que é possível replicar e ajustar as condições de contorno para melhor entender o comportamento do solo sob diferentes cenários. Além disso, os ensaios de laboratório podem ser repetidos várias vezes sob condições controladas, o que permite uma análise mais detalhada e confiável das propriedades do solo.

Dessa forma, os ensaios de laboratório são fundamentais para investigar características intrínsecas dos materiais geotécnicos, como a sua resistência, compressibilidade, permeabilidade, entre outros.

Nunca esquecendo que cada ensaio laboratorial em geotecnia deve seguir normas específicas para garantir a precisão e consistência dos resultados. As normas estabelecem os procedimentos a serem seguidos durante a realização dos ensaios, incluindo requisitos para equipamentos, amostragem, preparação das amostras, execução dos ensaios e análise dos resultados. Estas garantem a conformidade e a confiabilidade dos resultados. No Quadro 1, é possível verificar as normas correspondentes a cada ensaio laboratorial realizado.

Em seguida será apresentada uma breve descrição acerca de cada ensaio laboratorial realizado para este caso de estudo em específico.

2.4.1. Análise Granulométrica por Peneiração

Seguindo a norma LNEC E 196, a análise granulométrica de partículas de maiores dimensões pode ser realizada através da peneiração. Este processo conduz à passagem do solo por uma série de peneiros de malha quadrada cada vez mais apertada, tal como é possível verificar na figura 7.



Figura 7: Análise Granulométrica: conjunto de peneiros e peneirador mecânico (retirado de <https://dynapac.blog/>, em 27/03/2024).

A peneiração pode ser realizada de duas formas, manual ou mecânica. Em ambos os processos, os peneiros sujeitam-se a movimentos de translação e de rotação, alternando várias vezes os sentidos.

As partículas de solo retiradas num dado peneiro representam a fração do solo com dimensão superior à da malha desse peneiro e inferior à do peneiro antecedente. Posteriormente, o material retido é pesado para determinar que percentagem representa do peso total da amostra.

No Quadro 2, encontram-se o número de peneiros da série ASTM (*American Society for Testing and Materials*) e a dimensão da abertura da malha correspondente. O peneiro de malha mais apertada usualmente utilizado é o peneiro nº 200, tendo a malha 0,075 mm de lado, cuja dimensão se aproxima da que separa os siltes das areias. Em relação às partículas que passam pelo peneiro nº 200, a análise granulométrica é, em geral, realizada por sedimentação. As partículas que passam no peneiro nº 200 correspondem aproximadamente às frações de silte e argila, designadas por finos do solo (Matos Fernandes, 2017).

Quadro 2: Abertura de Peneiros da série ASTM.

Peneiros	3"	2"	1,5"	1"	¾"	3/8"	n.º4	n.º10	n.º20	n.º40	n.º60	n.º80	n.º140	n.º200
Abertura (mm)	75,0	50,0	37,5	25,0	19,0	9,5	4,8	2,0	0,850	0,425	0,250	0,180	0,106	0,075

2.4.2. Limites de Atterberg

Os limites de Atterberg ou limites de consistência são métodos de avaliação da natureza de solos criado por Albert Atterberg. Através de uma série de ensaios é possível definir o Limite de Liquidez (LL), o Limite de Plasticidade (LP) e o Limite de Contração ou Retração (LC) de um solo, representados na Figura 8, seguindo a norma NP 143:1969.

Os diversos tipos de consistência dos solos dependem da quantidade de água que estes possuem. A consistência pode ser sólida, semissólida, plástica ou a de um fluido denso.

Existem valores de teor de humidade que separam um estado de consistência de outro, são os limites de consistência. Estes limites são determinados empiricamente, são utilizados nos diversos sistemas de classificação do solo e refletem uma série de propriedades dos solos finos, como tipo do argilo-mineral, sua atividade, estrutura, superfície específica, etc.

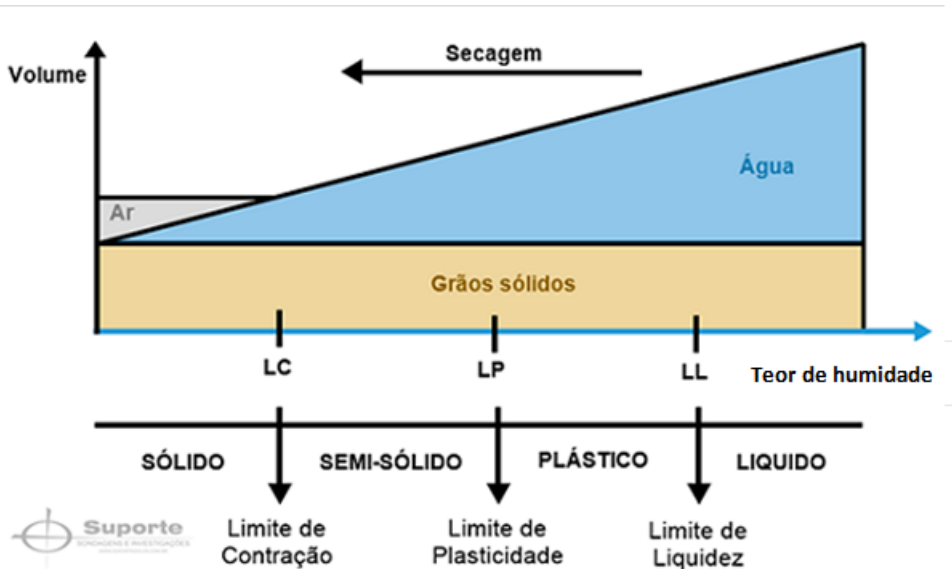


Figura 8: Estados característicos de consistência dos solos finos e os Limites de Atterberg (adaptado e retirado de www.suportesolos.com, em 9/04/2024).

O chamado Limite de Liquidez é o teor de humidade que separa o estado plástico do estado líquido, isto é, é o valor de humidade abaixo do qual o solo tem comportamento plástico.

Já o Limite de Plasticidade é o teor de humidade que delimita o estado semissólido do plástico. Abaixo deste valor o solo começará a fissurar ao tentar ser moldado.

2.4.3. Teor em Água

O teor em água, normalizado pela NP 84:1965, pode ser obtido através de ensaios laboratoriais ou nos locais a analisar. No primeiro caso, utiliza-se uma estufa para secar a amostra do material a uma temperatura específica, normalmente 110 °C, até que todo o teor de água tenha evaporado. A partir da diferença de massa da amostra antes e após a secagem, é possível calcular o teor em água.

Já no caso da determinação *in situ*, utilizam-se equipamentos como o medidor de humidade, que usa princípios elétricos para medir o teor de água do material sem necessidade de recolher amostras.

O teor em água de um material pode afetar diversas propriedades físicas e mecânicas, como a densidade, a resistência, a permeabilidade e a capacidade de compactação. Por exemplo, em materiais granulares, a presença de água pode aumentar a sua capacidade de compactação e diminuir a permeabilidade.

Por outro lado, em materiais cerâmicos, a presença de água pode causar a formação de fissuras durante o processo de secagem, comprometendo a sua resistência e durabilidade.

2.4.4. Peso Específico Aparente

O ensaio consiste em determinar o volume de uma amostra de solo ou material granular e em seguida medir o peso dessa amostra. A partir dessas informações, é possível calcular o peso específico aparente, que é a relação entre o peso da amostra e o volume ocupado por ela.

O peso específico aparente é calculado dividindo o peso da amostra pelo seu volume e é expresso em unidades de peso por unidade de volume (por exemplo, kg/m³ ou g/cm³). Este valor fornece informações importantes sobre as características do solo ou material granular, como sua compactidade, porosidade e capacidade de suporte de carga.

2.4.5. Densidade das Partículas

O método de determinação da densidade de partículas visa medir a densidade média das partículas minerais e orgânicas na amostra de solo, refletindo a sua composição média. Essa densidade está relacionada com o volume efetivamente ocupado pela matéria sólida, desconsiderando a porosidade. No entanto, a sua determinação pode ser afetada pela fração dos poros que não está em contacto com a atmosfera, como os poros oclusos no interior de minerais ou nódulos (Viana et al., 2017).

A norma de referência do ensaio da densidade das partículas é a NP 83:1965.

2.4.6. Ensaio de Corte Direto (CU) em Amostras Intactas

O objetivo deste ensaio é determinar a resistência de cisalhamento. Baseia-se em submeter uma amostra a uma tensão normal fixa, N , e logo após aplicar uma tensão cisalhante crescente, T , até que a rotura por cisalhamento do solo aconteça. Com isso, obtém-se uma correlação entre a tensão cisalhante na rotura e a tensão normal, definindo diretamente a Lei de Mohr-Coulomb, (Figura 9).

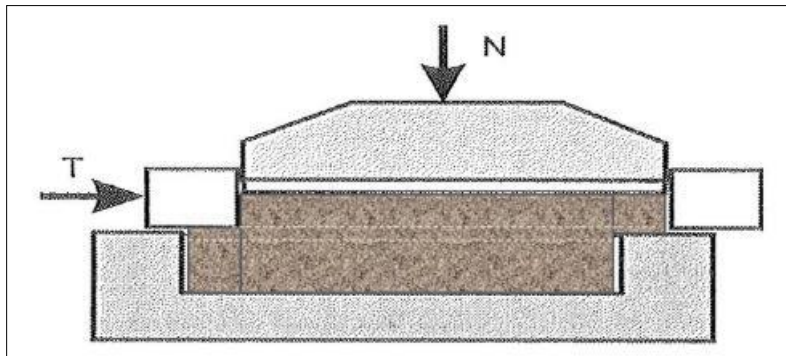


Figura 9: Correlação entre a tensão cisalhante na rotura e a tensão normal (retirado de <https://alemdainercia.com/> a 9/04/2024).

A resistência ao cisalhamento envolve dois componentes principais: o atrito e a coesão. O atrito é a força de contacto que atua quando dois corpos colidem e tendem a se movimentar. Esse componente da resistência pode ser demonstrado pelo atrito entre grãos ou pelo deslizamento de um corpo sobre uma superfície plana horizontal. A coesão, por sua vez, é a força de atração entre átomos e moléculas que impede a rutura de um corpo. A atração química entre as partículas pode resultar em uma coesão real.

A norma de referência do ensaio de cisalhamento direto é a ASTM D3080 – 04 (ASTM, 2012).

2.4.7. Características Químicas dos Solos e das Águas

De uma maneira geral, as estruturas de betão apresentam um desempenho satisfatório quando expostas a variadas condições ambientais. No entanto, determinadas condições de exposição podem comprometer a vida útil de uma estrutura, caso não sejam tomadas medidas adequadas para prevenir ou reduzir o risco potencial de deterioração. A ocorrência cada vez maior de solos contaminados resultantes de atividades industriais no passado, quando as preocupações com o meio ambiente e a legislação eram brandas ou inexistentes, leva à necessidade nos dias atuais de estudos mais abrangentes desses terrenos (Figura 10). Diversas normas internacionais e também nacionais estabelecem critérios para classificar o grau de agressividade da água e do solo ao betão e a partir dessa classificação projetar para o betão determinadas propriedades, entre elas as decorrentes da relação água/cimento e da resistência característica à compressão, com vista a aumentar a sua durabilidade e a vida útil. Assim, devem ser considerados os seguintes componentes para definir o grau de agressividade:

Solos: determinação do grau de acidez Bauman Guly e teor de sulfatos.

Água: determinação do pH, CO_2 agressivo, Sulfatos SO_4^{2-} , Magnésio Mg^{2+} e Amónia NH_4^+ .

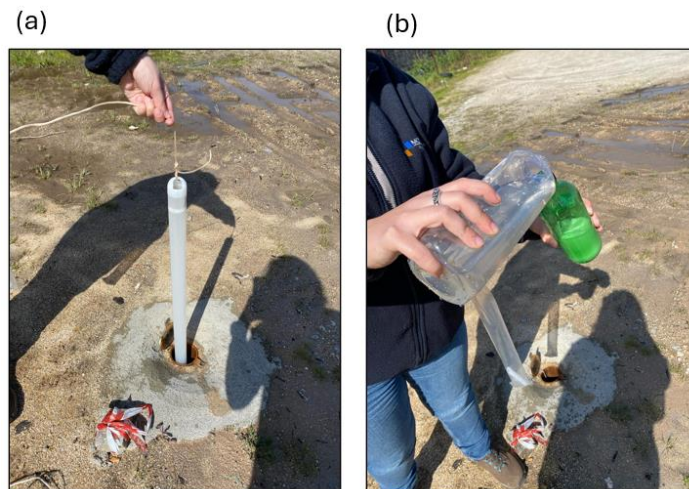


Figura 10: Recolha de amostras de água (imagens Mota-Engil): a) amostrador de *Bailer*; b) realização da mistura da água do solo com um ácido.

2.4.8. Teor da Matéria Orgânica

A fim de monitorizar o teor de matéria orgânica do perfil do solo, são analisadas diferentes amostras a diferentes profundidades, uma vez que a análise de uma única amostra não revelará boas informações sobre o seu conteúdo e propriedades físicas (LNEC E 201).

O processo de determinação consiste em secar a amostra a 105 graus Celsius para eliminar toda a humidade. Posteriormente, esta amostra seca, que tem conteúdo mineral e orgânico, é pesada e colocada numa estufa durante (pelo menos) duas horas a 360-440 °C, eliminando assim a matéria orgânica por calcinação. Quando a amostra arrefece (até 150°C), é novamente pesada, antes de começar a absorver a humidade do ambiente.

A diferença entre os pesos antes e depois da estufa dá o peso da matéria orgânica, que pode ser expresso em percentagem do peso da amostra.

2.4.9. CBR

O ensaio CBR (*California Bearing Ratio*) é o principal método de avaliação da resistência do solo para o dimensionamento de pavimentos pelo método do DNER (1981). O Ensaio de Índice de Suporte Califórnia tem por função determinar a resistência à penetração no solo através de um pistão padronizado, de 20 cm quadrados de área, em relação a uma brita padrão e também a expansão da amostra através da diferença inicial e final de volume.

Os equipamentos utilizados neste ensaio estão apresentados na Figura 11.



Figura 11: Ensaio CBR: equipamentos (retirado de <https://alemdainercia.com/>, em 9/04/2024).

O Ensaio é dividido em 3 fases principais, sendo estas (Biopdi, 2023):

Compactação de provetes - Os provetes, comumente 5, são compactados com energia de compactação padrão (Proctor), em moldes normalizados pela LNEC E 198:1967 que descreve com detalhes o ensaio de compactação.

Expansão - Após a finalização do processo de compactação as amostras são imersas em água por um período de 4 dias. Sobre as amostras é posicionado um medidor de deslocamento que pode ser um relógio comparador (analógico ou digital) ou um reflectómetro, sendo realizado uma medida a cada 24 horas.

Resistência à penetração - Após a finalização do processo de expansão os provetes são drenados por 15 minutos e posteriormente levados para a prensa de ensaio CBR sendo realizadas as medidas de resistência à penetração do cilindro a uma velocidade de 1,27 mm/min durante 10 minutos.

[página propositadamente em branco]

Capítulo III

Aplicações Geo-Informáticas: Breve Síntese

[página propositadamente em branco]

3. Aplicações Geo-Informáticas: Breve Síntese

Neste capítulo, serão apresentadas as diversas ferramentas adotadas para conduzir o estudo do caso em questão. Algumas dessas ferramentas possuem raízes antigas e já passaram por diversas transformações ao longo dos anos, como o LogPlot, GEO5, QGIS e AGS, enquanto outras surgiram recentemente para complementar e facilitar o uso da anterior referida, como o 'ME-AGS GENERATOR'.

3.1. LogPlot

O LogPlot, um *software* amplamente utilizado na academia e indústria geológica e geotécnica, é conhecido pela sua capacidade de criar diagramas detalhados de poços e perfurações. Foi desenvolvido, no início dos anos 80 do século XX, pela *RockWare*¹, que é uma empresa especializada em programas informáticos para geociências sediada nos Estados Unidos da América.

Desde então, o LogPlot evoluiu significativamente, incorporando novos recursos para atender às necessidades em constante mudança dos profissionais de geociências de engenharia e geotecnia. Contém uma interface amigável e recursos poderosos de customização. Possui capacidade de criar perfis geológicos detalhados, colunas estratigráficas (Figura 12), entre outros, tornando-se assim uma ferramenta indispensável na prática das geociências e geoengenharia.

¹ www.rockware.com/product/logplot/ [consultado em 20/03/2024]

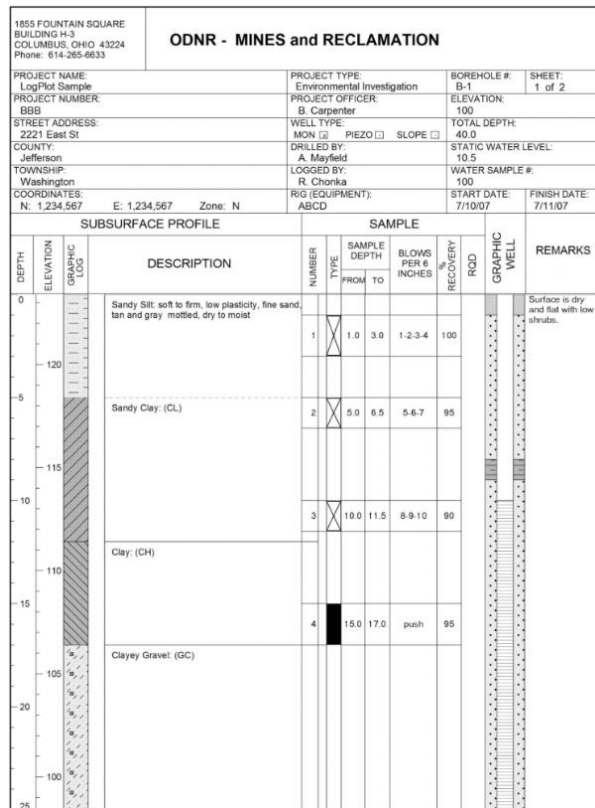


Figura 12: Exemplo de digrama obtido através do *software* LogPlot (retirado de www.rockware.com, em 20/03/2024).

3.2. GEO5

O GEO5 é um pacote de programas que fornece a solução para a maioria dos problemas geotécnicos. Os programas possuem a mesma interface e comunicam-se entre si. Cada programa realiza uma complexa verificação de um tipo de estrutura.

Neste caso, foi utilizado para gerar modelos geológicos obtidos através dos levantamentos geológico-geotécnicos.

Todos os dados da prospeção geotécnica são introduzidos no programa 'Estratigrafia' através de *templates*. Estes contêm a configuração dos dados a analisar e a apresentação dos relatórios de resultados. O utilizador pode utilizar *templates* predefinidos que se aplicam a todos os ensaios (sondagens, furos, CPTs, SPTs, PMTs, DMTs, etc.). Caso os *templates* predefinidos não sejam adequados, o utilizador pode criar os seus. Assim, o modo de introdução de dados passa a ser totalmente personalizado.

3.3. AGS

Nos tópicos subsequentes, será apresentada uma síntese da informação recolhida nas dissertações anteriormente referidas, de Cruz (2022), dado que foi realizada uma descrição abrangente dos diversos grupos do AGS4, e, de Pinto (2023), onde está detalhada toda a criação e aplicabilidade da aplicação de transferência de dados. Os detalhes adicionais encontram-se em Cruz et al. (2023) e, ainda, no documento AGS (2022) “Electronic Transfer of Geotechnical and Geoenvironmental Data AGS4 Edition 4.1.1 – March 2022” da autoria da *Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists*.

É de mencionar que a análise do AGS nesta dissertação se concentra no âmbito geotécnico, com foco principal na prospeção geotécnica e nas investigações geotécnicas *in situ*.

3.3.1. Considerações Iniciais

A existência de múltiplos sistemas de software e formatos de dados associados, embora variados em forma e propósito, compartilhavam na sua maioria conteúdo semelhante, o que representava um desafio reconhecido pela Associação de Especialistas em Geotecnia e Geoambiente (AGS - *Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists*). Em resposta a esta questão, “e de forma a interligar mais a geotecnia dos diferentes países, foi criado, em 1991, um grupo de trabalho que teve como principal objetivo: a criação de um formato digital de dados que torna uma transferência de dados o mais uniforme possível. Esta uniformização de dados possibilitará às empresas de desenvolvimento de software geotécnico uma maior facilidade na conceção destes programas” (Pinto, 2023). O resultado desse esforço foi incorporado na primeira edição do documento publicado em 1992, conforme detalhado no Quadro 3, “as edições consequentes contêm uma série de atualizações e desenvolvimentos que refletem as reações da indústria ligada à geotecnia e geoambiente, assegurando assim, a satisfação das necessidades da indústria e dos seus clientes” (Cruz, 2022). Esse desafio estava alinhado com as preocupações discutidas por diversos autores, incluindo Threadgold & Hutchison (1992), Toll & Oliver (1995), Toll & Cubitt (2003), Toll (2008, 2009), Zimmermann et al. (2006), Mokarram (2010), Bland et al. (2014), Cadden & Keelor (2017) e Deaton (2018). À medida que a indústria geotécnica progredia e este formato era implementado em vários países, tornou-se essencial realizar atualizações para atender às necessidades em constante evolução desse setor.

Quadro 3: Histórico das edições AGS (adaptado de Cruz, 2022).

Edição	Data do lançamento	Alterações
4.1.1 (AGS 2022)	março de 2022	Para alterações, ver Change Log em www.ags.org.uk
4.1	dezembro de 2020	Para alterações, ver Change Log em www.ags.org.uk
4.0.4	fevereiro de 2017	Aditamento a 4.0.3
4.0.3	outubro de 2011	Aditamento a 4.0.2
4.0.2	maio de 2011	Aditamento a 4.0.1
4.0.1	março de 2011	Aditamento a 4.0
4	maio de 2010	Nova versão principal
3.1a	março de 2005	Aditamento a 3.1
3.1	dezembro de 2004	Incorporado ao AGS-M
AGS-M	março de 2002	Documento autónomo para monitorização
3	novembro de 1999	Nova versão principal
AGS2	julho de 1994	Alterações às Regras e Apêndices
AGS1	março de 1992	Edição original

Uma vez que a *Associação de Especialistas de Geotecnia e Geoambiente* é britânica, este formato de dados foi primeiramente adotado por esta indústria, sendo que mais tarde passou a ser aceite por outros países a nível mundial, como Austrália, China, Alemanha, Grécia, Hong Kong, Índia, Itália, Holanda, Nova Zelândia, Roménia, Singapura e Estados do Golfo (em particular nos Emirados Árabes Unidos e Omã) (Cruz, 2022, Cruz et al., 2023 e Pinto, 2023). Dos locais citados, Hong Kong (HK), Austrália (AU) e Nova Zelândia (NZ) sobressaem por terem desenvolvido os seus próprios sistemas de transmissão de dados baseados no AGS (UK). O AGS (HK), desenvolvido em 1998, “a partir da experiência geológica e geotécnica dos seus técnicos” (Pinto, 2023), sugere melhorias para o formato de dados AGS².

A Nova Zelândia introduziu o AGS3.2 NZ v1.0 em 2007, adaptando o formato original AGS3 em vigor na época. Em 2012, a Sociedade Geotécnica da Nova Zelândia realizou uma revisão a esse formato com base no AGS4.0.3, resultando no AGS4 NZ v1.0. Após cinco anos, foi lançada uma atualização para o AGS4 NZ v1.0.1 (*New Zealand Geotechnical Society*, 2017). Por outro lado, a Austrália inicialmente criou o AGS3.1 RTA 1.1, baseado no AGS3.1 (UK) e no AGS3.2 NZ v1.0. Posteriormente, em 2021, foi feita uma atualização para o AGS4, denominado AGS4.1 (UK) e AGS4 NZ v1.0.1. Em junho de 2022 ocorreu uma substituição do AGS4.1.0 AU 1.1 pelo AGS 4.1.1 AU 1.2 para retificação de alguns erros e omissões da versão anterior (*Australian Geomechanics Society*, 2022).

² <https://www.ags-hk.org/ags-data-format> [consultado em 15/03/2024]

Em jeito de resumo, é apresentada uma representação esquemática das atualizações do formato AGS, (Figura 13).

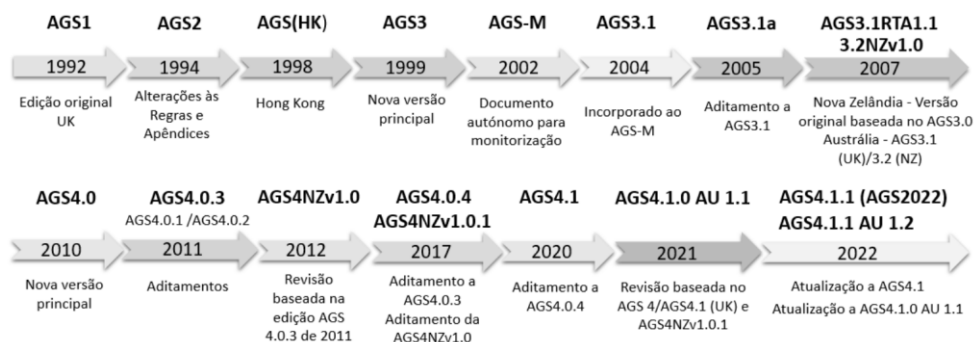


Figura 13: Representação esquemática das atualizações do formato AGS (retirado de Cruz, 2022).

Quanto ao formato de dados original, o AGS (UK), tem sido alvo de atualizações ao longo dos anos, conforme indicado na Figura 13. No entanto, a sua versão mais recente, o AGS4.1, recebeu uma das atualizações mais significativas, foi nesta versão que foram incorporadas as normas da indústria laboratorial, assim como práticas britânicas em geotecnia e geoambiente. “Foram realizadas melhorias no dicionário de dados e foram introduzidos 24 novos Grupos, sendo que alguns substituíram outros já desatualizados” (Pinto, 2023). Posteriormente, foi lançada a edição AGS4.1.1 que apenas trouxe algumas melhorias a nível de descrição dos diferentes títulos e nos exemplos enumerados no documento AGS (2022) “Electronic Transfer of Geotechnical and Geoenvironmental Data AGS4 Edition 4.1.1 – March 2022” (Cruz, 2022).

Após diversas atualizações e melhorias o foco principal do formato AGS manteve-se o mesmo, facilitar a transferência eletrónica de dados recolhidos durante as investigações de campo e outras atividades relacionadas à execução de projetos geotécnicos. Os dados transmitidos geralmente incluem registos de furos exploratórios (por exemplo sondagens), dados de ensaios in situ, resultados de ensaios de laboratório e informações de monitorização. No entanto, não são incluídos textos de relatórios detalhados, como introduções, resumos e interpretações. A transferência é limitada a dados brutos.

3.3.2. Os Grupos: obrigatórios e não obrigatórios

O dicionário de dados³ organiza os dados em Grupos, sendo que cada um corresponde a uma parte específica da investigação geotécnica. Os Grupos AGS4 seguem uma estrutura hierárquica, onde o

³ “O dicionário de dados é uma lista estruturada das variáveis registadas durante a prospeção mecânica e ensaios geotécnicos. O dicionário de dados é mantido pelo *AGS Data Management Working Group*. A aplicação do BS 8574:2014 deve ser empregue e atualizada para apoiar a utilização consistente e transparente e, serve como base do Formato AGS em projetos de engenharia geotécnica. Os itens de dados são as variáveis a registar e devem ser reportadas pelas especificações utilizadas para a realização do trabalho, por exemplo BS 5930, BS 1377, BS EN ISO 17892, entre outras.” (Cruz, 2022)

Grupo PROJ ocupa o nível mais alto, conforme ilustrado na Figura 14. O Grupo localizado imediatamente mais abaixo, é o *Location Details* (LOCA), responsável por armazenar informações sobre a localização, daqui prosseguem os restantes grupos necessários.

Os Grupos que formam o formato de dados AGS são categorizados em dois conjuntos distintos: os Grupos Obrigatórios e os Grupos Opcionais. Esta distinção pode ser observada na Figura 14.

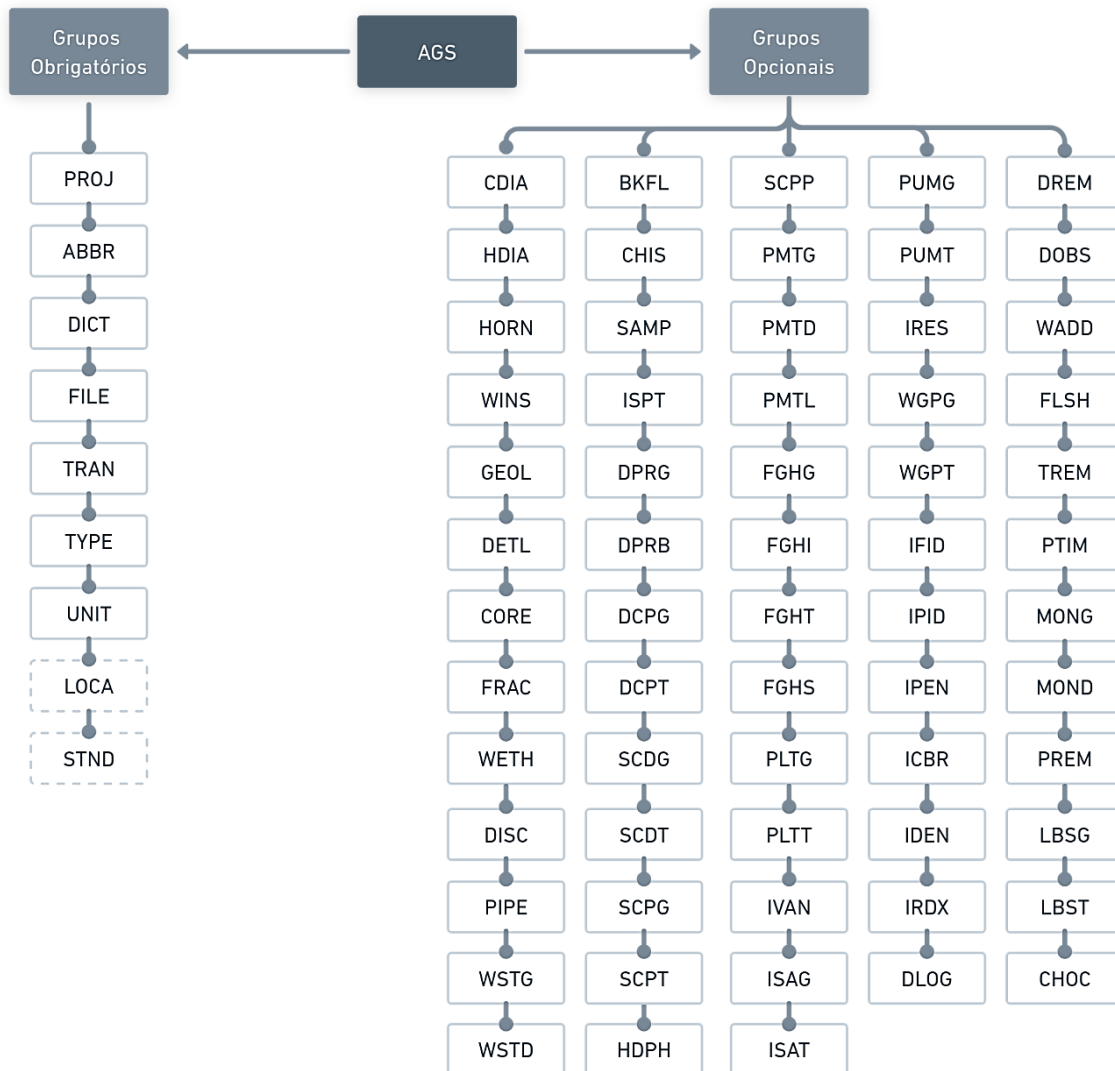


Figura 14: Grupos do formato de dados AGS4 (adaptado de Pinto, 2023).

Conforme estabelecido no documento AGS (2022) intitulado “Electronic Transfer of Geotechnical and Geoenvironmental Data AGS4 Edition 4.1.1 – March 2022”, somente os Grupos listados no Quadro 4, são oficialmente reconhecidos como obrigatórios. No entanto, Pinto (2023), optou por incluir os Grupos LOCA e STND entre os Grupos Obrigatórios, pela necessidade de georreferenciar os ensaios e sondagens, possibilitando a sobreposição em outros programas como o AutoCAD, facilitando a inserção das coordenadas e cotas dos pontos de interesse do projeto no caso do Grupo

LOCA, e no caso do Grupo STND, para representar as normas utilizadas na realização dos respectivos trabalhos geotécnicos.

Quadro 4: Grupos obrigatórios num ficheiro AGS (adaptado de Cruz, 2022).

Nome do Grupo	Conteúdo	Notas
PROJ	Informação do projeto	Obrigatório em todos os ficheiros.
ABBR	Definições de abreviaturas	Obrigatório em todos os ficheiros.
DICT	Grupos e Títulos definidos pelo utilizador	Obrigatório em todos os ficheiros que incluem grupos e/ou títulos definidos pelo utilizador.
FILE	Ficheiros associados	Obrigatório nos ficheiros se os dados FILE_FSET forem fornecidos em qualquer grupo.
TRAN	Informações de Transmissão de Arquivo de Dados/ Status de Dados	Obrigatório em todos os ficheiros.
TYPE	Definição de tipos de dados	Obrigatório em todos os ficheiros.
UNIT	Definição de unidades	Obrigatório em todos os ficheiros.

3.3.3. Tipos de dados

A estrutura dos dados é uma parte fundamental em qualquer projeto, e o formato de dados AGS não foge à regra, possuem formatos (TYPE) e unidades (UNIT) específicos. No contexto do formato AGS, cada cabeçalho (HEADING) num grupo de dados requer uma entrada no formato designado e as unidades correspondentes. “Deste modo, neste formato de dados, o TYPE e UNIT estão interligados para o mesmo HEADING” (Pinto, 2023). Por norma, os tipos de dados para cada título são fornecidos no Dicionário de Dados, no entanto, é possível que, em algumas circunstâncias, o técnico e o cliente optem por utilizar tipos de dados alternativos, de acordo com as particularidades do projeto em questão. Para referência, o Quadro 5 apresenta uma lista abrangente das diferentes unidades recomendadas para uso nos arquivos AGS.

Quadro 5: Unidades utilizadas nos Grupos do AGS4 (adaptado de AGS, 2022).

Unidade	Descrição	Notas
ID	Identificador único	Um ID é um identificador exclusivo utilizado num projeto, devendo este ser único.
PA	Texto listado no Grupo <i>ABBR</i>	Abreviaturas listadas no Grupo ABBR (Regra 16 do Quadro 7). A lista de abreviaturas e descrições padrão é apresentada no site da AGS e não deve ser redefinida. Outras abreviaturas podem ser definidas conforme necessário dentro de um projeto, mas não devem corresponder/representar abreviaturas padrão existentes.
PT	Texto Listado no Grupo <i>TYPE</i>	Abreviaturas listadas no Grupo TYPE (Regra 17 do Quadro 7).
PU	Texto listado no Grupo <i>UNIT</i>	Abreviaturas listadas no Grupo UNIT (Regra 15 do Quadro 7). A lista de unidades padrão e descrições são apresentadas no site da AGS e não devem ser redefinidas. Esta lista diferencia maiúsculas de minúsculas.
X	Texto	As abreviaturas utilizadas em dados de texto devem ser listadas no Grupo ABBR (Regra 16 do Quadro 7).
XN	Texto / Numérico	Existem alguns parâmetros medidos que são tipicamente numéricos, mas podem ter um resultado válido que é texto. As abreviaturas utilizadas em dados de texto devem ser listadas no Grupo ABBR.
T	Tempo decorrido	hh:mm:ss
DT	Data e Hora em Formato Internacional	Este formato pode ser utilizado total ou parcialmente com base nas necessidades do utilizador. yyyy-mm-ddThh:mm:ss.sssZ(+hh:mm) or yyyy-mm-dd or hh:mm:ss or yyyy
nDP	Número de Casas Decimais	Ex: 1DP = 1 Casa Decimal = 1.8
nSF	Número de Algoritmos Significativos	Ex: 2SF = 2 Algoritmos Significativos = 10 ou 1.8
nSCI	Número de Casas Decimais em Notação Científica	Ex: 68300 as 1SCI = 6.8E4; 68300 as 2SCI = 6.83E4
Unidade	Valor em formato de variável	É aplicado em campos que contenham valores com precisão diferente.
DMS	Graus:Minutos:Segundos	Ex: 49:33:15.523
YN	<i>Yes or No</i> / Sim ou Não	Os dados no arquivo serão Y ou N ou Null (Regra 12 do Quadro 7)
RL	<i>Record Link</i> / Gravar Referência	Texto no formato especificado que se refere a um ou mais registos em outros Títulos de Grupos por Chave (Regra 11 do Quadro 7).

Cada cabeçalho (HEADING) possui um indicador de estado definido. Estes encontram-se listados e descritos no quadro seguinte.

Quadro 6: Indicadores de estado para os Títulos (HEADINGS) (adaptado de AGS, 2022).

Indicador de Estado	Tipo	Descrição
*	Chave (Key)	Todos os Títulos Chave (<i>Key Headings</i>) são obrigatórios para a definição exclusiva dos dados, a combinação de dados registados nos Títulos Chave de cada Grupo deve ser única.
R	Requerido (Required)	Os dados sob esses Títulos (<i>Headings</i>) não podem ser nulos. Os campos Requeridos (<i>Required</i>) são fundamentais para a interpretação do ficheiro de dados.
	Outro (Other)	A presença desses Títulos e dados sob esses Títulos são impostos pelo âmbito da especificação do projeto.

3.3.4. Formato de dados e as suas regras

O formato de ficheiro AGS4 adere a um conjunto preciso de diretrizes, conforme detalhado no Quadro 7, que devem ser estritamente seguidas durante a sua preparação. Este formato utiliza uma série de grupos de dados em formato CSV – *Comma Separated Values* (Valores Separados por Vírgula), embora não esteja completamente em conformidade com a especificação CSV RFC 4180, é comumente reconhecido como um arquivo CSV na literatura (Cruz, 2022). Para ilustrar a estrutura de um arquivo AGS, é apresentada a Figura 15.

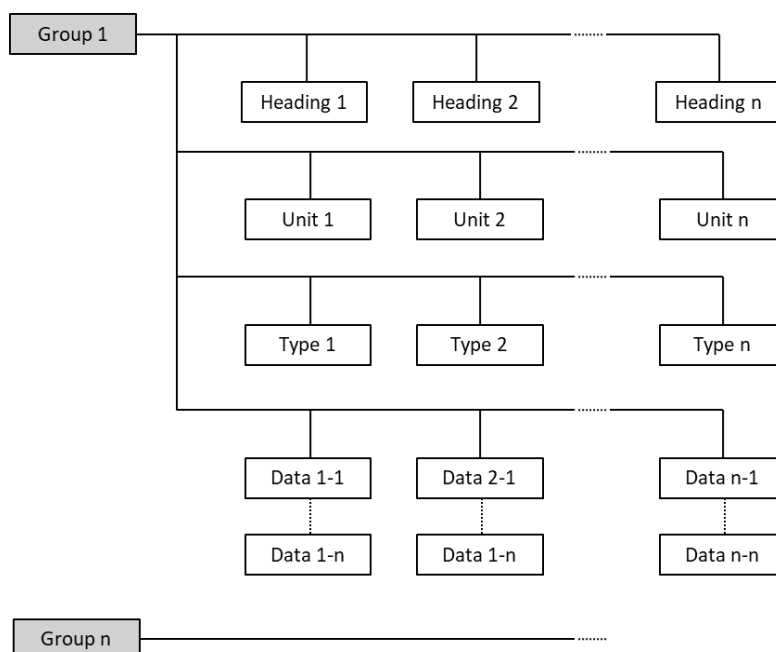


Figura 15: Esquema dos ficheiros de dados AGS e grupos de dados (adaptado de Mokarram, 2010).

Para um projeto específico, é fundamental estabelecer uma estrutura de código que melhor se adapte, considerando os dados requeridos. Esta etapa demanda uma coordenação eficaz entre todos os participantes do processo, visando incorporar todos os dados geotécnicos essenciais para os consumidores finais. A estrutura final do código deve englobar os grupos, subgrupos e variáveis necessárias para apresentar de forma abrangente a informação recolhida que se pretende fornecer aos consumidores finais.

Em todos os Grupos de trabalho, quatro linhas obrigatórias devem ser incluídas: "Group", "Heading", "Unit" e "Type". Além disso, existem as linhas de "Data", que correspondem à entrada de dados pelo utilizador. Por exemplo, ao inserir uma nova profundidade num ensaio SPT, deve ser adicionada uma nova linha "Data". Após preencher todas as linhas "Data" para um grupo específico, o utilizador volta a inserir as linhas "Group", "Heading", "Unit" e "Type" para o próximo Grupo onde pretende inserir dados (Pinto, 2023).

Em seguida, é apresentado um exemplo, baseado na Figura 15, da estrutura final do formato de ficheiro AGS.

“GROUP”, “GROUP 1”
 “HEADING”, “HEADING 1”, “HEADING 2”, “HEADING n”
 “UNIT”, “UNIT 1”, “UNIT 2”, “UNIT n”
 “TYPE”, “TYPE 1”, “TYPE 2”, “TYPE n”
 “DATA 1”, “DATA 1.1”, “DATA 1.2”, “DATA 1.n”
 “DATA m”, “DATA m.1”, “DATA m.2”, “DATA m.n”

Na preparação dos ficheiros deste formato devem ser seguidas as regras apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7: Regras dos ficheiros do formato AGS4 (adaptado de AGS, 2022).

Regra	Descrição
1	O ficheiro de dados deve ser inteiramente composto por caracteres ASCII.
2	Cada ficheiro de dados deve conter um ou mais Grupos (<i>GROUPS</i>) de dados. Cada Grupo deve conter um ou mais Cabeçalhos (<i>GROUP HEADERS</i>), sendo que as linhas devem conter uma ou mais linhas de Dados (<i>DATA</i>).
2a	Cada linha está localizada numa linha separada, delimitada por uma nova linha. Cada nova linha é composta pelos dois caracteres: um <i>carriage return</i> (CR) (caracter ASCII 13) seguido de uma alimentação de linha (LF) (caracter ASCII 10).
2b	As linhas do Cabeçalho (<i>GROUP HEADER</i>) definem completamente os dados apresentados dentro das linhas de Dados (<i>DATA</i>) para esse Grupo (Regra 8). As linhas do Cabeçalho compreendem <i>GROUP</i> , <i>HEADING</i> , <i>UNIT</i> e <i>TYPE</i> , conforme o exemplo da Figura 15 e o esquema anterior.

3	<p>Cada linha no ficheiro de dados deve começar com um descritor de dados (<i>DATA DESCRIPTOR</i>) que define o conteúdo dessa linha. Os seguintes Descritores de Dados são utilizados consoante a seguinte descrição:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Cada linha de Grupo deve ser precedida pelo Descritor de Dados: <i>GROUP</i>; o Cada linha Título deve ser precedida pelo Descritor de Dados: <i>HEADING</i>; o Cada linha Unidade deve ser precedida pelo Descritor de Dados: <i>UNIT</i>; o Cada linha Formato deve ser precedida pelo Descritor de Dados: <i>TYPE</i>; o Cada linha Dados deve ser precedida pelo Descritor de Dados: <i>DATA</i>.
4	<p>Dentro de cada Grupo, os Dados (<i>DATA</i>) estão contidos em Campos de Dados (<i>data FIELDS</i>). Cada Campo de Dados contém uma única Variável de dados em cada linha. Cada linha de Dados de um ficheiro de dados contemplará um ou mais campos de dados. A linha Grupo (<i>GROUP</i>) contém apenas um item de dados, o nome <i>GROUP</i>, além do Descritor de Dados (Regra 3). As restantes linhas do Grupo possuem vários itens de dados definidos pela linha Título (<i>HEADING</i>).</p>
5	<p>Descritores de Dados (<i>DATA DESCRIPTORS</i>), nomes de Grupo, Títulos de campos de dados, Unidades (<i>UNIT</i>) de campos de dados, Tipos (<i>TYPE</i>) de campos de dados e variáveis de dados devem ser colocados entre aspas duplas ("..."). Quaisquer cotações num item de dados devem ser definidas com uma segunda cotação, por exemplo "ele disse ""ola""".</p>
6	<p>Os Descritores de Dados, nomes dos Grupos, Títulos dos campos de dados, Unidades (<i>UNIT</i>), Tipos (<i>TYPE</i>) e variáveis de Dados em cada linha do ficheiro de dados devem ser separados por uma vírgula (.). Nenhum "carriage return" (caractere ASCII 13) ou alimentação de linha (caractere ASCII 10) são permitidos em ou entre variáveis de dados dentro de uma linha <i>DATA</i>.</p>
7	<p>A ordem dos campos de dados em cada linha dentro de um Grupo é definida no início de cada Grupo na linha Título (<i>HEADING</i>). Os Títulos devem estar na ordem descrita no dicionário de dados de formato AGS.</p>
8	<p>As Variáveis devem ser apresentadas nas unidades de medida e do tipo que são descritas pelo campo de dados apropriado <i>UNIT</i> e campo de dados <i>TYPE</i>, respetivamente, definidos no início do Grupo dentro das linhas do cabeçalho (<i>GROUP HEADER</i>).</p>
9	<p>Os nomes Título (<i>HEADING</i>) e Grupo (<i>GROUP</i>) dos dados devem ser retirados do dicionário de dados. Nos casos em que não houver entrada adequada, um Grupo e/ou Título definido pelo utilizador podem ser aplicado de acordo com a Regra 18. Quaisquer Títulos definidos pelo utilizador devem ser incluídos no final da linha <i>HEADING</i> após os Títulos padrão na ordem definida no grupo <i>DICT</i> (ver Regra 18a).</p>
10	<p>Cabeçalhos (<i>HEADINGS</i>) são definidos como Chave (<i>KEY</i>), Requerido (<i>REQUIRED</i>) ou Outro (<i>OTHER</i>).</p> <ul style="list-style-type: none"> o Os campos <i>KEY</i> são essenciais para a definição exclusiva dos dados; o Os campos <i>REQUIRED</i> são obrigatórios para permitir a interpretação do ficheiro de dados; o Os <i>OTHER</i> campos são incluídos dependendo do objetivo do ficheiro de dados e da disponibilidade dos dados a serem introduzidos.
10a	<p>Em cada Grupo, determinados Títulos são definidos como Chave (<i>KEY</i>). Não deve haver mais que uma linha de dados em cada Grupo com a mesma combinação de entradas do campo chave. Os campos chave devem aparecer em cada Grupo, mas podem conter dados nulos (ver Regra 12).</p>

10b	Alguns Títulos estão marcados como Requeridos (<i>REQUIRED</i>). Os campos Requeridos devem aparecer nos Grupos de dados onde estão indicados no dicionário de dados AGS. Estes campos exigem pelos menos uma entrada de dados e não podem ser nulos (ou seja, deixados em branco ou vazios).
10c	As ligações são feitas entre as linhas de dados de cada um dos Grupos através dos campos chave. Cada entrada feita nestes campos, em qualquer Grupo, deve ter uma entrada equivalente no seu grupo pai (<i>PARENT GROUP</i>). O grupo pai deve ser incluído no ficheiro de dados.
11	Os Títulos definidos no <i>TYPE</i> como um tipo de dados de ' <i>Record Link</i> ' (RL) podem ser usados para vincular linhas de dados a entradas em Grupos fora da hierarquia definida (Regra 10c) ou grupo <i>DICT</i> para Grupos definidos pelo utilizador. O nome Grupo seguido pelos campos chave que definem a linha de dados de referência cruzada, na ordem apresentada no <i>AGS4 DATA DICTIONARY</i> .
11a	Cada Grupo/ Campo Chave deve ser separado por um caractere delimitador. Este único caractere delimitador deve ser definido em <i>TRAN_DLIM</i> . O padrão é " " (caractere ASCII 124).
11b	Um título de dados <i>TYPE 'Record Link'</i> pode referir-se a mais que uma combinação de Grupos e variáveis chave. A combinação deve ser separada por um caractere de concatenação definido. Este único caractere de concatenação deve ser definido em <i>TRAN_RCON</i> . O padrão é "+" (caractere ASCII 43).
11c	Qualquer título de dados <i>TYPE 'Record Link'</i> incluído num ficheiro de dados deve fazer referência cruzada aos Campos Chave das linhas de dados no Grupo referido pelo conteúdo do Título.
12	Os Dados não precisam de ser incluídos em cada Título, a menos que seja Requerido (Regra 10b). O campo de dados pode ser nulo (vazio), sendo que essa entrada é definida como ("") (duas aspas juntas).
13	Cada ficheiro de dados deve conter o Grupo <i>PROJ</i> que deve conter apenas uma linha de dados e, no mínimo, deve conter dados sob os Títulos definidos como Requeridos (Regra 10b).
14	Cada ficheiro de dados deve conter o Grupo <i>TRAN</i> que deve conter apenas uma linha de dados e, no mínimo, deve conter dados sob os Títulos definidos como Requeridos (Regra 10b).
15	Cada ficheiro de dados deve conter o Grupo <i>UNIT</i> para listar todas as unidades utilizadas. Cada unidade de medida inserida na linha <i>UNIT</i> de um Grupo ou dados inseridos num campo, onde o campo <i>TYPE</i> é definido como "PU" (por exemplo, <i>ELRG_RUNI</i> , <i>GCHM_UNIT</i> ou <i>MOND_UNIT FIELDS</i>) deve ser listado e definido no Grupo <i>UNIT</i> .
16	Cada ficheiro de dados deverá conter o Grupo <i>ABBR</i> sempre que forem incluídas. As abreviaturas listadas no Grupo <i>ABBR</i> devem incluir definições para todas as abreviaturas inseridas no campo onde o <i>TYPE</i> de dados é definido como "PA" ou qualquer abreviatura que necessite de definição utilizada dentro de qualquer outro tipo de dados de Título.
16a	Quando várias abreviaturas são necessárias para codificar totalmente um campo, as abreviaturas devem ser separadas por um caractere de concatenação definido. Sendo que este deve ser definido em <i>TRAN_RCON</i> . O padrão é "+" (caractere ASCII 43). Cada abreviatura utilizada em tais combinações deve ser listada separadamente no Grupo <i>ABBR</i> . por exemplo. "CP+RC" deve ter entradas para "CP" e "RC" no Grupo <i>ABBR</i> , juntamente com a sua definição completa.
17	Cada ficheiro de dados deve conter o Grupo <i>TYPE</i> para definir os Tipos de campos utilizados dentro deste ficheiro. Cada tipo de dado inserido na linha <i>TYPE</i> de um Grupo deve ser listado e definido no Grupo <i>TYPE</i> .

18	Cada ficheiro de dados deve conter o Grupo <i>DICT</i> onde nomes de Grupos e Títulos são definidos pelo utilizador e incluídos no ficheiro de dados.
18a	A ordem na qual os Títulos definidos pelo utilizador são listados no <i>GRUPO DICT</i> deve definir a ordem na qual esses Títulos são anexados a um <i>GRUPO</i> existente ou aparecem num <i>GRUPO</i> definido pelo utilizador. Esta ordem também define a sequência em que tais Títulos são aplicados num título de dados Tipo ' <i>Record Link</i> ' (Regra 11).
19	Um nome do Grupo não deve conter mais de 4 caracteres e deve consistir apenas em letras maiúsculas e números.
19a	O nome de um Título não deve ter mais de 9 caracteres e deve consistir apenas em letras maiúsculas, números e o caractere sublinhado.
19b	Os nomes Títulos devem começar com o nome do Grupo seguido por um caractere de underscore, " <i>NGRP_HED1</i> ". Quando um Título se referir a um Título existente dentro de outro Grupo, o Título adicionado ao Grupo deverá ter o mesmo nome. Por exemplo: " <i>CMPG TESN</i> " no <i>GRUPO</i> " <i>CMPT</i> ".
20	Ficheiros adicionais (por exemplo, imagens digitais) podem ser incluídos no envio do ficheiro AGS. Cada um desses ficheiros deve ser definido no Grupo <i>FILE</i> . Os ficheiros adicionais devem ser transferidos numa subpasta chamada <i>FILE</i> . Esta subpasta deve conter subpastas adicionais, cada uma nomeada pela referência <i>FILE_FSET</i> . Cada pasta nomeada <i>FILE_FSET</i> englobará os ficheiros listados no Grupo <i>FILE</i> .

3.3.5. Validadores de ficheiros AGS

De acordo com Cruz (2022), para efetuar a validação do ficheiro, é necessário converter o ficheiro de texto em ficheiro AGS, alterando a extensão ".txt" para ".ags". Após esta conversão, é possível utilizar dois validadores *open-source* (código aberto) e gratuitos para inserir os arquivos mencionados e realizar a sua validação. São estes, o Validador de Arquivos AGS do *British Geological Survey* e o Validador de Arquivos AGS - Versão Beta v.1.0.0.

Assim sendo, a validação do código pode ser conduzida através do portal da *British Geological Survey* (BGS), conhecido como *AGS File Utilities Tool and API* (<https://agsapi.bgs.ac.uk/>) que possibilita a validação dos dados e/ou do esquema AGS. No portal, é viável selecionar a versão do AGS a ser validada, podendo ser a versão 4.0.3, 4.0.4 ou 4.1. Além disso, oferece a opção de escolher o formato de resposta da validação, podendo ser em JSON (*JavaScript Object Notation*) ou em texto simples, também conhecido como *plain text*. Optou-se por este último formato para a obtenção dos resultados.

A fim de verificar os resultados obtidos anteriormente pelo validador utilizado, é possível recorrer ao Validador de ficheiros AGS – Beta v.1.0.0. (disponível em <https://gitlab.com/ags-data-format-wg/ags-checker-desktop-app/-/releases>).

3.4. 'ME-AGS GENERATOR'

3.4.1. Considerações Iniciais

Conforme Pinto (2023) refere, o aplicativo 'ME-AGS GENERATOR' consiste numa aplicação informática de fácil utilização e adaptação, projetada com uma interface amigável para o utilizador. Baseado na plataforma Microsoft Excel® e desenvolvido utilizando a linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA), este sistema possibilita a entrada de dados em formato ".xls" e a geração de ficheiros no formato de dados ".ags" através de ficheiros de texto ".txt" (pormenores em Pinto, 2023 e Pinto et al., 2023).

No contexto da crescente evolução do formato digital ".ags", esta aplicação foi concebida em conformidade com a versão mais recente do AGS, o AGS4.1.1, a fim de colmatar a carência de troca de dados entre empresas e instituições do ramo da geotecnia, processar e analisar os dados obtidos em campo.

Toda a informação sobre a criação da 'ME-AGS GENERATOR' pode ser consultada em "Uma abordagem de programação eficiente para a geração de ficheiros AGS4 em casos práticos geotécnicos" (Pinto, 2023).

3.4.2. Regras de utilização

Para uma melhor experiência e maior proveito de todas as funcionalidades, o programador da aplicação referida, definiu um conjunto de regras. São estas (pormenores em Pinto, 2023):

É proibido:

- Apagar os separadores com que se inicia a aplicação, isto é, as sheets "Início", "ListaABBR", "ListaUNIT" e "ListaTYPE";
- Apagar qualquer tipo de colunas dos diferentes separadores;
- Ter *sheets* repetidas;
- Alterar a ordem dos Grupos Obrigatórios, isto é, os Grupos PROJ, ABBR, DICT, FILE, TRAN, TYPE, UNIT, LOCA e STND tem de estar na ordem como aparecem;
- Adicionar separadores sem ser através da janela do *Template*;
- Alterar o conteúdo da 1ª e 2ª linha dos diferentes separadores;

- Utilizar vírgulas ou outro tipo de caracter, para além daqueles mencionados na Regra 1 do Quadro 7;
- Alterar o conteúdo dos ficheiros de texto, exceto para atualização dos mesmos.

É obrigatório:

- Preencher as colunas pintadas a “cinzento”, pois são títulos de preenchimento obrigatório;
- Utilizar esta aplicação apenas para criar os diferentes separadores e gerar o ficheiro no formato de dados “.ags”, sendo necessário exportar as folhas criadas para um novo livro. A introdução dos dados será então realizada num livro à parte. Assim, salvaguarda-se a inserção de dados por parte do utilizador e minimiza-se a possibilidade de criação de erros.

É recomendado:

- Preencher a coluna, que contenha na 4ª linha “PA” pintado a “verde”, com dados provenientes da folha “ListaABBR” e consoante o Grupo (nome da folha) em que estão a trabalhar, p.e. se estiver na folha “GEOL” só pode adicionar conteúdo da ListaABBR referente ao Grupo GEOL;
- Copiar, na integra, as tabelas da ListaUNIT e ListaTYPE para a respetiva folha, de forma a reduzir a probabilidade de erro humano ao não acrescentar uma unidade, p.e.

Sob a óptica das regras de criação de arquivos AGS, especificamente na Regra 1, há a definição dos caracteres ASCII⁴, que são de uso obrigatório, consultar Quadro 7. Esses caracteres, fundamentais para a estruturação e padronização dos arquivos AGS, são enumerados no Quadro 8.

Quadro 8: Caracteres para a estruturação e padronização dos arquivos AGS (pormenores em: <https://www.asciitable.com/>).

Aa	Bb	Cc	Dd	Ee	Ff
Gg	Hh	Ii	Jj	Kk	Ll
Mm	Nn	Oo	Pp	Qq	Rr
Ss	Tt	Uu	Vv	Ww	Xx
Yy	Zz	0	1	2	3
4	5	6	7	8	9
!	“	#	\$	%	&
'	()	*	+	,
-	.	/	:	;	<
=	>	?	@	[\
]	^	_	`	{	
}	~	(espaço)			

⁴ <https://www.asciitable.com/> [consultado em 19/03/2023]

Como discutido anteriormente, é fundamental compreender que um arquivo no formato de dados AGS possui características altamente específicas. No Quadro 7, Regra 10c, é observado que certos grupos *pai* devem ser obrigatoriamente selecionados quando o seu respectivo grupo *filho* seja selecionado. Para ilustrar esse conceito, a Figura 16 apresenta um fluxograma que lista todos os grupos *filho* e seus respectivos grupos *pai* (que devem ser selecionados obrigatoriamente caso o grupo *filho* seja selecionado). No entanto, é importante ressaltar que o utilizador tem a flexibilidade de selecionar apenas o grupo *pai*, sem a necessidade de selecionar o grupo *filho* correspondente.

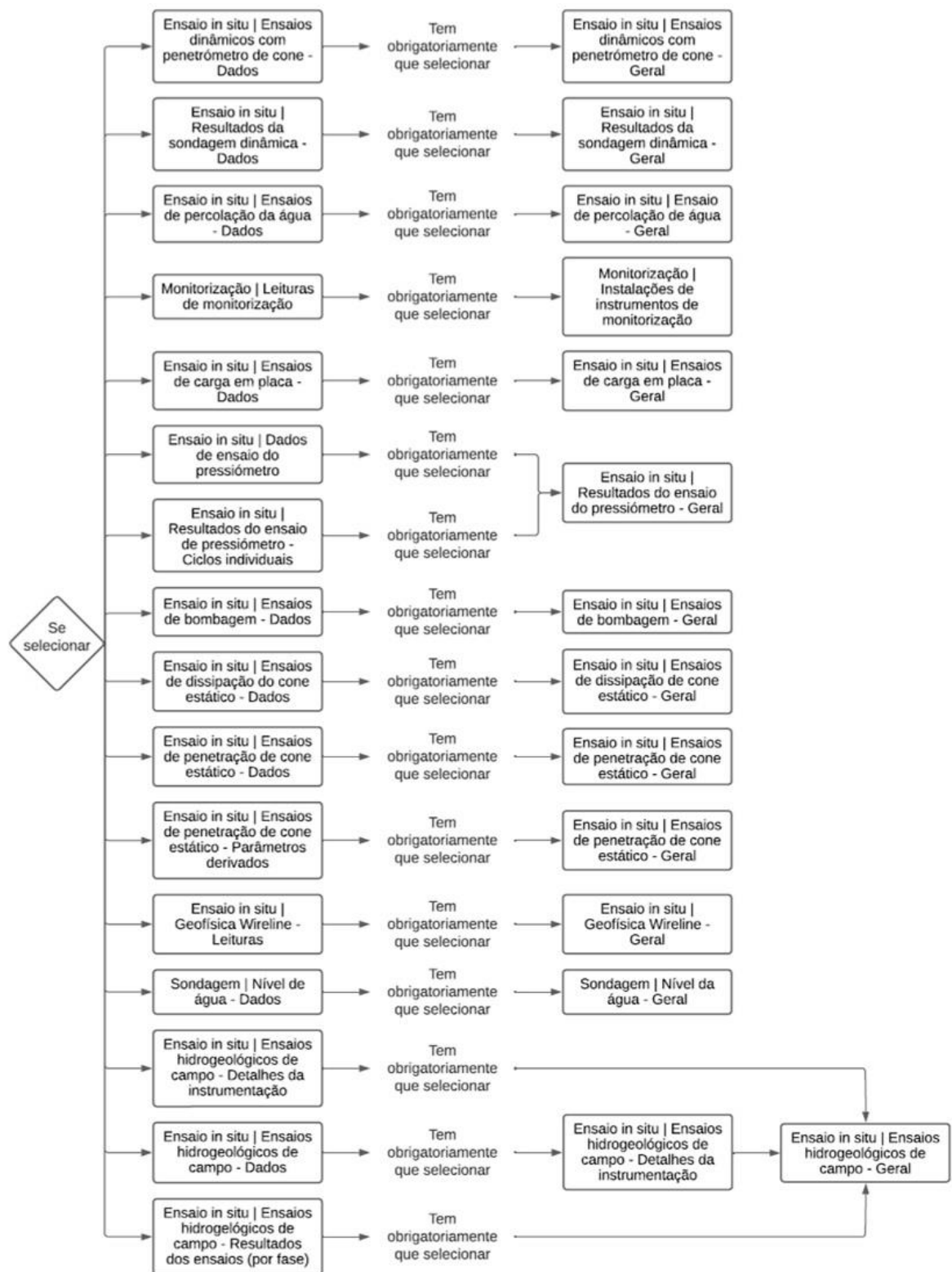


Figura 16: Fluxograma de todos os grupos *filho* e os respectivos grupos *pai* que tem, obrigatoriamente, de ser selecionados se for selecionado o grupo *filho* (retirado de Pinto, 2023).

3.5. QGIS

3.5.1. Considerações Iniciais

O QGIS⁵, ou Quantum GIS, é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de fonte aberta ('*open source*'). O projeto nasceu em maio de 2002 e foi estabelecido como um projeto no *SourceForge* em junho do mesmo ano. Atualmente, o QGIS é executado na maioria das plataformas Unix, Windows e macOS. O QGIS é desenvolvido usando o kit de ferramentas Qt (<https://www.qt.io/>) e C++, o que significa que é versátil e tem uma interface gráfica do utilizador (GUI) amigável e fácil de usar. Há também aplicativos criados de forma independente que permitem levar o QGIS para o campo e podem ser executados em Android e iOS. O QGIS pretende ser um SIG de fácil utilização, fornecendo funções e funcionalidades comuns.

O objetivo inicial do projeto era fornecer um visualizador de dados GIS. No entanto, após 57 atualizações e versões, chegou ao ponto da sua evolução em que é utilizado para necessidades diárias de visualização de dados geoespaciais, para análise espacial, edição de informações geográficas, análise de dados *raster*, georreferenciação, integração de dados externos, planeamento urbano, gestão ambiental, ensino e para apresentações na forma de mapas, atlas e relatórios precisos.

Assim, o QGIS suporta uma riqueza de variedade de formatos de dados, tanto *raster* quanto vetoriais. O que significa que pode trabalhar com imagens de satélite, mapas digitalizados, dados de GPS, para além de dados vetoriais como polígonos, linhas e pontos, com suporte a novos formatos facilmente adicionados utilizando a arquitetura de 'plugins', para adicionar novos recursos, funcionalidades e suporte a formatos de dados adicionais. Isto, permite que o software seja adaptado às necessidades específicas do usuário ou a novas tecnologias que surjam.

Foi lançado sob a *GNU General Public License* (GPL), uma licença de '*software*' que garante quatro pontos da liberdade dos utilizadores, são estes (Fontenelle, 2021):

- de executar o programa, para qualquer propósito (liberdade nº 0);
- de estudar como o programa funciona e adaptá-lo às suas necessidades (liberdade nº 1). O acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade.
- de redistribuir cópias de modo que se possa ajudar o próximo (liberdade nº 2).

⁵ <https://qgis.org/en/site/index.html> [consultado em 26/03/2024]

- de aperfeiçoar o programa e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie deles (liberdade nº 3). O acesso ao código fonte é um pré-requisito para esta liberdade.

3.5.2. Sistema de Coordenadas Cartográficas

A georreferenciação desempenha um papel fundamental na cartografia e nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Para que os dados sejam processados de forma eficiente por um SIG, é fundamental que todos estejam georreferenciados, ou seja, que todas as camadas tenham coordenadas que se relacionem a um mesmo sistema de coordenadas, o qual deve ser estável em relação à Terra.

A necessidade de uniformidade nos sistemas de coordenadas levou a alterações cartográficas significativas. Esta padronização garante a integridade e a precisão dos dados espaciais, permitindo análises consistentes e confiáveis dentro do ambiente de um SIG. Além disso, facilita a interoperabilidade entre diferentes conjuntos de dados cartográficos e aumenta a eficiência na realização de análises espaciais e na tomada de decisões baseadas em informações geográficas.

Desta forma, entende-se por Sistema de Coordenadas Cartográficas, todo o sistema que contém “... toda a informação necessária para que seja possível calcular as coordenadas cartográficas de um qualquer ponto que, pertencendo a uma superfície de referência geodésica devidamente especificada, tenha coordenadas conhecidas” (Leitão, 2016).

Ao longo de várias décadas, em Portugal continental, o Sistema de Projeção Cartográfica utilizado foi o Sistema de Projeção de *Hayford – Gauss Moderno* (SHG73), que incluía o *Datum*⁶ Dt73 (Melriça) e o elipsoide⁷ de *Hayford*. No entanto, com a adesão à Comunidade Europeia, foi necessário ajustar o sistema para se alinhar com os padrões europeus, mantendo as especificidades locais. Em 1989, foi introduzido o Sistema de Referência Terrestre Europeu (ETRS89), recomendado pela subcomissão EUREF da IAG, para conectar a rede portuguesa à rede europeia. Assim, o sistema oficial de georreferenciação em Portugal continental é atualmente o PT – TM06, que utiliza o *Datum* ETRS89 e o elipsoide GRS80, identificado pelo código EPSG: 3763, substituindo o antigo SHG73, agora considerado obsoleto.

⁶ *Datum* refere-se ao modelo matemático teórico para a superfície da terra ao nível do mar. Este é utilizado para projetar um corpo curvo a 3 dimensões para um plano de duas dimensões.

⁷ Elipsoide corresponde a uma superfície, matematicamente próxima da real figura da superfície terrestre, sendo esta usada para cálculos no campo da geodesia.

[página propositadamente em branco]

Capítulo IV

Caso de Estudo: Digitalização de uma Campanha de Prospecção geológico-Geotécnica — Desde a Execução em Campo às Infraestruturas Digitais

[página propositadamente em branco]

4. Caso de Estudo: Digitalização de uma Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica — Desde a Execução em Campo às Infraestruturas Digitais

“A digitalização em engenharia geotécnica permite-nos dar passos significativos na monitorização e compreensão do comportamento dos terrenos. Ao aplicar tecnologias modernas, como sensores inteligentes e análise de dados, podemos aumentar a segurança e a eficiência dos projectos de engenharia geotécnica” (A. Whittle)

4.1. Considerações Iniciais

Tal como foi referido no Capítulo I, este projeto desenvolveu-se em parceria com a Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A. – Departamento de Geotecnia, que permitiu o acompanhamento de uma campanha de prospeção geotécnica, para identificação, caracterização hidrogeológica e caracterização geotécnica das formações ocorrentes no local destinado à construção de um Edifício habitacional, em Aveiro.

O objetivo da campanha está relacionado com a modelação geológico-geotécnica das condições de fundação, escavações, estruturas e contenções associadas ao edifício referido, e os condicionalismos na execução da obra.

Foi, ainda, desenvolvido um trabalho prático de digitalização de dados em geotecnia, onde os dados resultantes da campanha de prospeção foram tratados, digitalizados e inseridos em diversas plataformas, a fim de obter um processo completo de uniformização e transferência dos dados.

4.2. Enquadramento

4.2.1. Enquadramento Geográfico

A zona em estudo, delimitada a amarelo na Figura 17, localiza-se na freguesia de Esgueira, no distrito de Aveiro, mais concretamente na Vera Cruz, junto à estação da CP (Comboios de Portugal).



Figura 17: Localização geográfica do local em estudo (retirado de earth.google.com/, em 15/04/2024).

O terreno em estudo possui uma forma aproximadamente retangular, com dimensões de 200 m por 75 m, e as cotas variam entre 15 e 16 m.

4.2.2. Enquadramento Geológico

A região em análise, conforme descrito pela Carta Geológica 16-A, 1:50.000, e a sua respetiva notícia explicativa (Teixeira & Zbyszewski, 1975) fornecida pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia⁸, revelam que a geologia regional da área em estudo é predominantemente caracterizada por depósitos de praias antigas e terraços fluviais datados do Plio-Plistocénico (Q4a), destacando um antigo nível do mar situado entre 15 e 20 metros acima do nível atual.

⁸ https://geoportal.ineg.pt/pt/dados_abertos/cartografia_geologica/cgp50k/16-A (consultado em Maio de 2024)

Além disso, a presença de arenitos e argilas de Aveiro, pertencentes à Série "fluvio-marinha" do Cretácico (C5), evidencia processos de sedimentação e deposição que influenciaram a distribuição de recursos naturais na região. A região também contém aluviões atuais (a). Pormenores da geologia na figura 18 e em Teixeira & Zbyszewski (1975).

A Figura 18 apresenta a sobreposição do local em estudo, a vermelho, sobre um excerto da Carta Geológica da folha 16-A - Aveiro, à escala 1:50.000 (Teixeira & Zbyszewski, 1975).

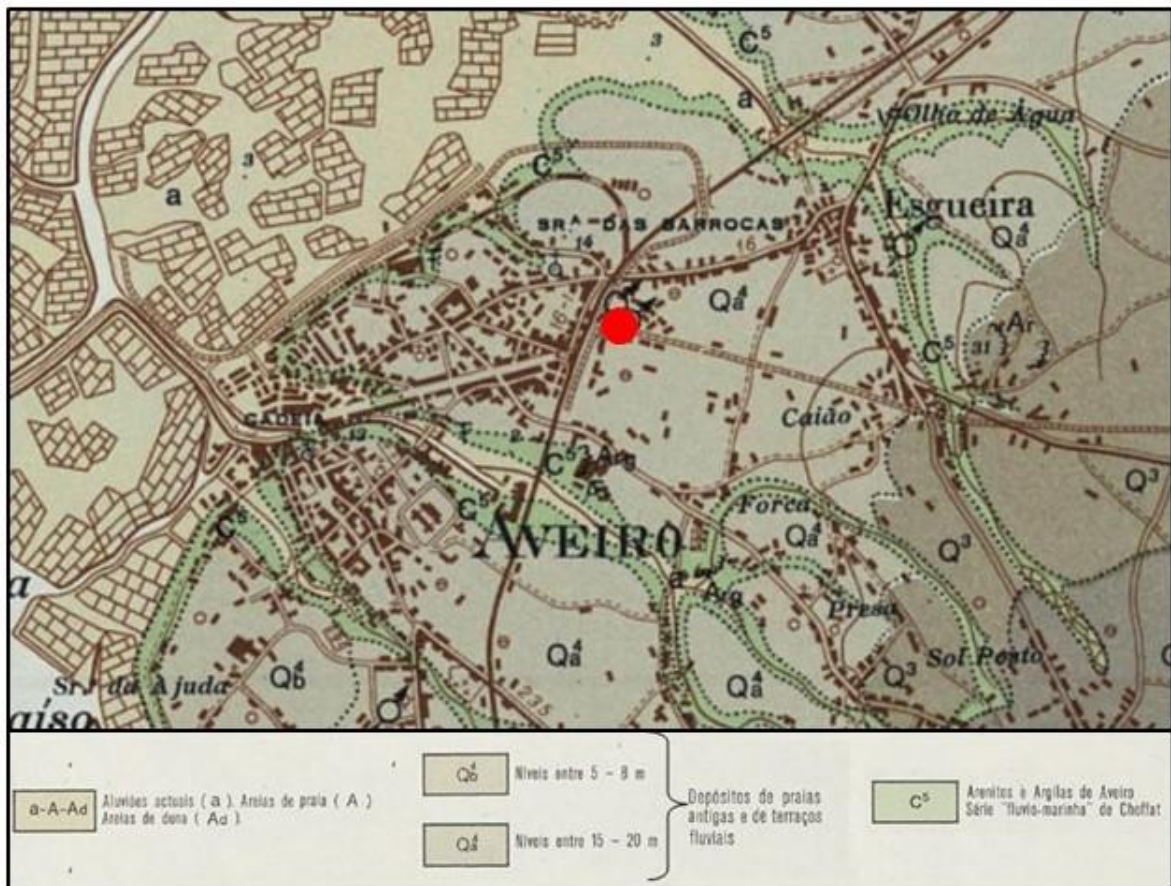


Figura 18: Representação Geológica do local em estudo, num excerto da Carta Geológica de Teixeira & Zbyszewski, 1975 (retirado de geoportal.ineg.pt/, em 15/04/2024).

4.3. Prospecção Geológico-Geotécnica *in situ*

A importância da prospecção *in situ* reside na sua capacidade de fornecer informações precisas e detalhadas sobre as condições do subsolo, essenciais para o planeamento e execução de projetos de construção seguros e eficientes (Gonzalez de Vallejo & Ferrer, 2011). Este tópico abordará o acompanhamento de todos os procedimentos efetuados na realização da campanha de prospecção geológica-geotécnica *in situ* efetuados na obra em questão.

À semelhança do que foi mencionado no tópico 2, para dar início aos trabalhos de prospeção, é necessário considerar alguns fatores importantes para garantir uma operação eficaz, incluindo a mobilização dos equipamentos a serem utilizados e a garantia de acessos adequados ao local da obra. Na Figura 19 é possível visualizar a chegada dos equipamentos à obra.

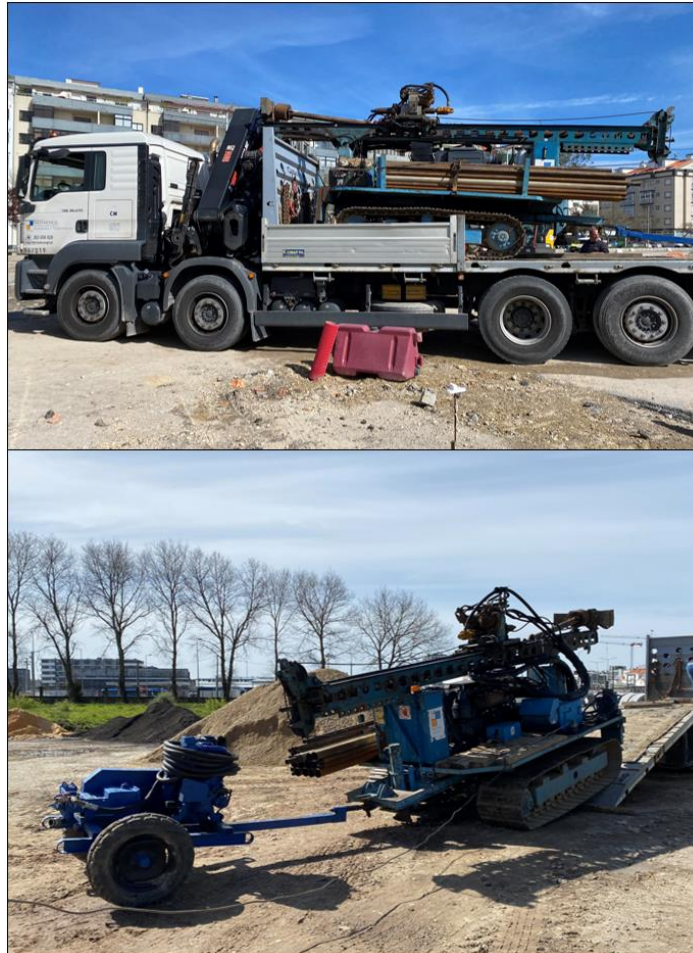


Figura 19: Chegada dos equipamentos ao local da obra (Imagens Mota-Engil).

Outro fator relevante, é a identificação prévia de um local apropriado para a recolha de água, necessária para os trabalhos de furação. Diante disso, é possível proceder à marcação dos pontos específicos de prospeção permitindo o início dos trabalhos. Na Figura 20 está apresentado um exemplo da marcação de uma sondagem, através da fita sinalizadora identificada com o número da sondagem.



Figura 20: Marcação dos pontos de prospeção (Imagem Mota-Engil).

A distribuição e tipo de prospeção utilizada para o efeito foram definidas pelo cliente, e constou dos seguintes trabalhos:

- 10 sondagens mecânicas à rotação com amostrador duplo, Figura 21 a);
- 69 ensaios de penetração dinâmica – SPT, Figura 21 b);
- 1 poço de prospeção, Figura 22;
- Recolha de 3 amostras indeformadas com amostrador tipo Shelby;
- Instalação de 4 piezómetros, com campanha de monitorização, Figura 23;
- Ensaios laboratoriais para caracterização física e mecânica dos terrenos;
- Análises químicas à água subterrânea.

(a)



(b)



Figura 21: a) Sondagem à rotação; b) Ensaio SPT. (Imagens Mota-Engil).



Figura 22: Execução do poço de prospeção. (Imagem Mota-Engil).



Figura 23: Monitorização dos piezómetros. (Imagem Mota-Engil).

Em suma, a Figura 24 apresenta a planta de localização da campanha de prospeção.

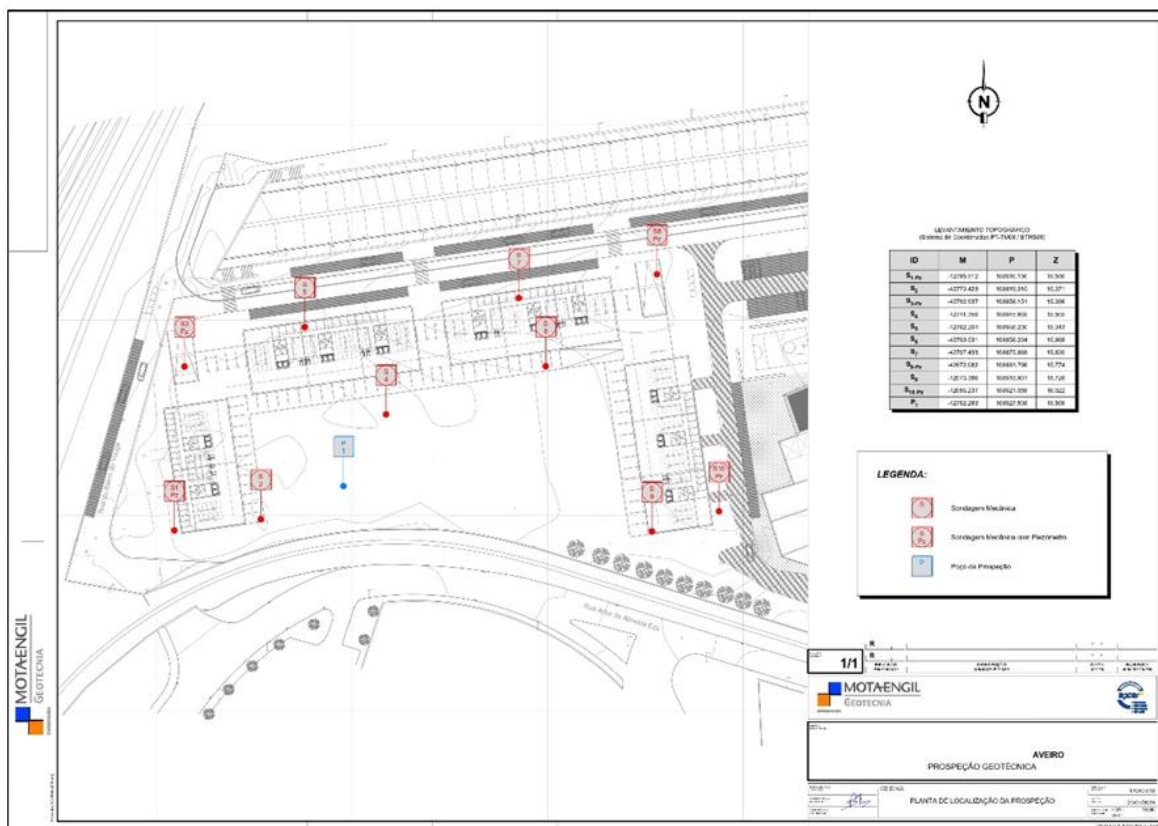


Figura 24: Planta de localização da campanha de prospeção geológica-geotécnica complementar realizada pela Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A. - Geotecnia.

4.4. Relatório Geotécnico

Segundo a norma EC7-1 “os resultados dos estudos de caracterização geotécnica devem ser compilados num Relatório da Caracterização Geotécnica que serve de base ao Relatório do Projeto Geotécnico-Estrutural” (Ordem dos Engenheiros, 2020).

Com base nisso, foi elaborado, pela Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A. – Departamento de Geotecnia, um trabalho de gabinete que resultou num relatório técnico que fornece a documentação completa e precisa das condições encontradas, dos métodos utilizados, das análises efetuadas e das conclusões alcançadas, à cerca da obra em questão.

Numa primeira instância, o trabalho de gabinete consistiu na análise das caixas das amostras que os sondadores recolheram das sondagens. Amostras estas que auxiliam um melhor entendimento do contexto geotécnico através da descrição da geologia do local. Na Figura 25 é possível visualizar um exemplo das caixas que albergam o material recolhido, neste caso referente a uma das sondagens realizadas (S3-Pz).



Figura 25: Exemplo das caixas referentes às amostras de uma sondagem (S3-Pz).

Para a execução de ensaios laboratoriais solicitados pelo cliente, foram selecionadas amostras das caixas, que posteriormente foram entregues no laboratório central da Mota-Engil.

Com o objetivo de tornar os dados mais acessíveis e compreensíveis, recorreu-se ao *software* LogPlot para executar os boletins de sondagem (“log”). Na Figura 26 está apresentado um exemplo do log da Sondagem 3.

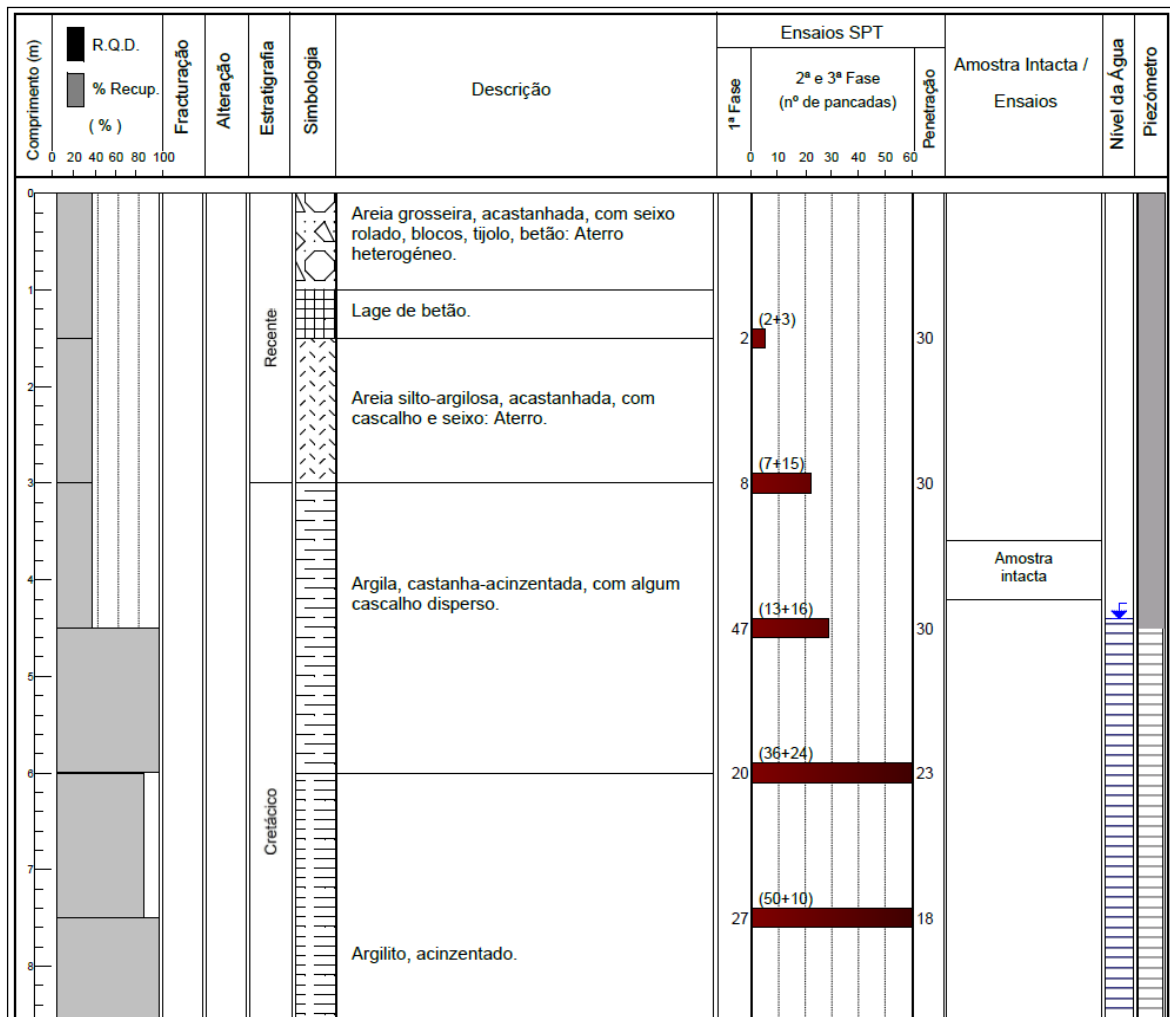


Figura 26: Exemplo de um boletim de sondagem (log) realizado pela Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A. - Geotecnia.

Nesta fase, já se reuniam dados suficientes para iniciar a redação do relatório técnico, onde foi possível descrever detalhadamente o enquadramento geográfico e o enquadramento geológico da obra; a finalidade dos estudos de caracterização geotécnica e a abrangência do trabalho realizado; os detalhes sobre os procedimentos de amostragem, transporte e armazenamento das amostras de solo, bem como as informações sobre os tipos de equipamentos utilizados e os registos de perfuração nos diferentes horizontes atravessados, fornecendo contexto sobre as condições do solo encontradas; assim como, a descrição da geologia do local para um melhor entendimento do contexto geotécnico, complementada por informações obtidas a partir de fotografias aéreas e dados sobre a sismicidade da área.

Um passo imprescindível foi a realização da correção dos valores NSPT, já abordado no tópico 2.2, para se proceder à elaboração de um zonamento geológico-geotécnico interpretativo.

Assim, foi possível inferir que os resultados obtidos nos ensaios mecânicos realizados na campanha de prospeção permitiram individualizar **7 horizontes geotécnicos**, com base na Classificação de compacidade de Skempton (1986) baseada em $(N_1)_{60}$ para solos granulares; Classificação de compacidade de Clayton et al. (1995) baseada em N_{60} para solos argilosos; Classificação de compacidade de Clayton et al. (1995) baseada em N_{60} para maciços de transição (decompostos a muito alterados) e no *Geological Strength Index* (GSI) para maciços rochosos.

Com base nos dados obtidos, foram identificadas as zonas geotécnicas, levando em consideração os diversos resultados obtidos nos diferentes ensaios realizados para estabelecer a parametrização correspondente, conforme indicado no Quadro 9. No Quadro 10, são apresentadas as zonas geotécnicas identificadas e os respectivos parâmetros de referência, incluindo o *peso volúmico*, γ , a *coesão não drenada*, c_u , o *ângulo de resistência ao corte*, φ' , o *módulo de deformabilidade do maciço*, E , e a *tensão admissível*.

A fim de selecionar o tipo de equipamentos a utilizar na abertura das escavações foram projetados os horizontes geotécnicos na carta de escavabilidade, apresentada na Figura 27. A estimativa da escavabilidade foi realizada exclusivamente com base nos resultados pontuais dos ensaios SPT em maciços terrosos e na avaliação do comportamento do maciço rochoso a partir dos dados disponíveis.

Quadro 9: Ensaios envolvidos na parametrização.

Zonas Geotécnicas	Formações	Ensaios considerados
G ₁	Aterro argiloso muito rijo	SPT
G _{2A}	Aterro arenoso solto	SPT
G _{2B}	Aterro arenoso medianamente compacto	SPT
G _{3A}	Solos argilosos firmes	SPT
G _{3B}	Solos argilosos rijos	SPT
G _{3C}	Solos argilosos muito rijos	SPT
G ₄	Argilito	SPT

Quadro 10: Zonas geotécnicas e respetiva parametrização.

Zonas Geo	Formações	Intervalos $N_{60} / (N_1)_{60}$	γ (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ' (°)	E (MPa)	Tensão Adm. (kPa)
G ₁	Aterro argiloso muito rijo	30 < N_{60} < 60	19-20	--	--	--	--
G _{2A}	Aterro arenoso solto	3 < $(N_1)_{60}$ < 8	17-18	--	--	--	--
G _{2B}	Aterro arenoso medianamente compacto	8 < $(N_1)_{60}$ < 25	18-19	--	--	--	--
G _{3A}	Solos argilosos firmes	8 < N_{60} < 15	17-18	50-100	--	10-20	100-200
G _{3B}	Solos argilosos rijos	15 < N_{60} < 30	18-19	100-150	--	20-40	200-300
G _{3C}	Solos argilosos muito rijos	30 < N_{60} < 60	19-20	150-200	--	40-70	300-400
G ₄	Argilito	N_{60} > 57	21-22	200-400	--	70-200	400-700

Zonas Geo – Zonas Geotécnicas

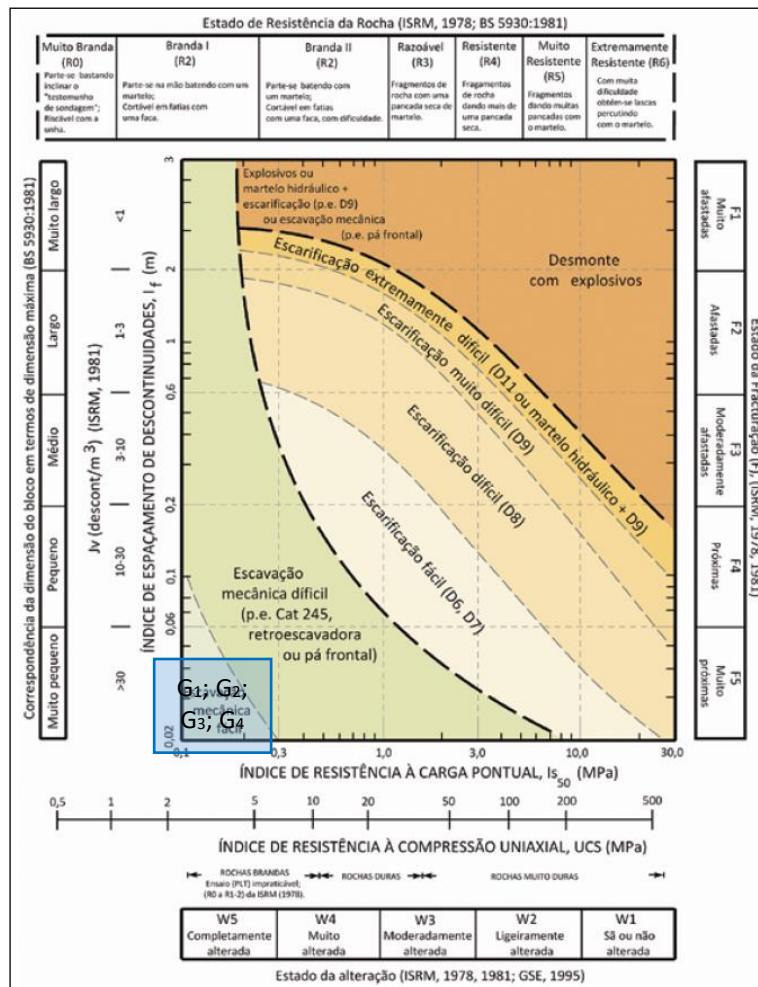


Figura 27: Projeção dos horizontes geotécnicos na carta de escavabilidade de Petiffer & Fookes (adaptado de Galiza et al., 2011).

Posteriormente, foram realizados os perfis interpretativos do terreno com a diferenciação das várias formações, cruzando todas as informações geológico-geotécnicas obtidas no software Geo5. Na Figura 28 é possível visualizar o exemplo do perfil geotécnico entre as sondagens 8 e 10.

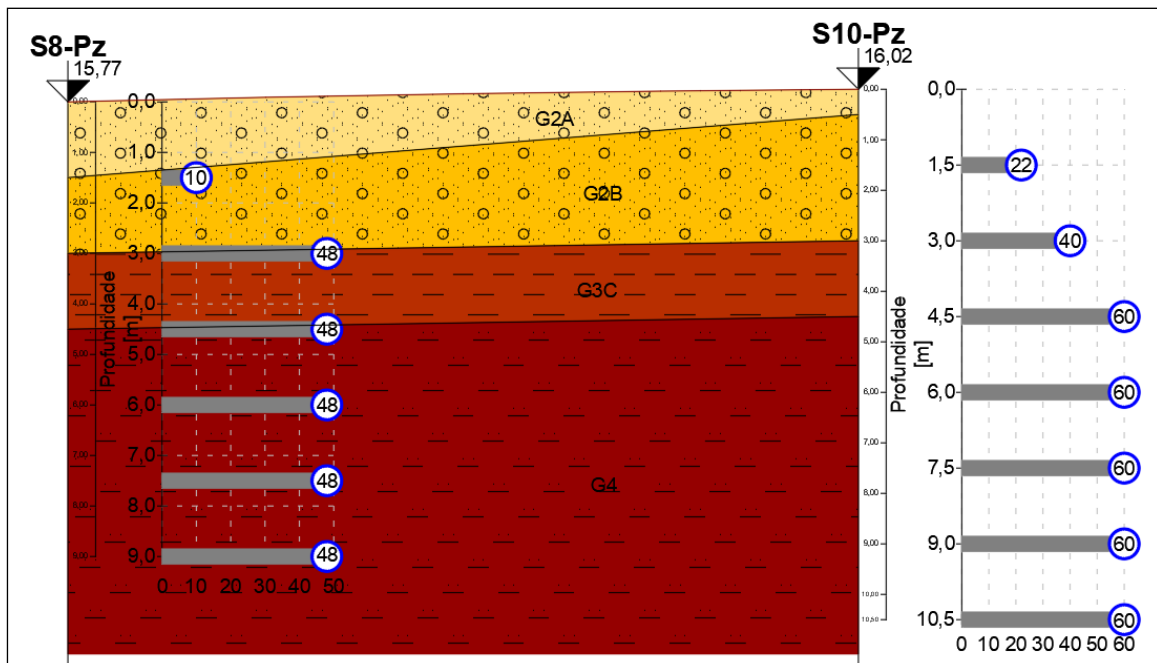


Figura 28: Exemplo de um perfil geotécnico interpretativo entre sondagens realizado pela Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A. - Geotecnia.

Em síntese, foi possível extrair o seguinte conjunto de considerações técnicas para uma escolha adequada dos parâmetros para o dimensionamento na execução da obra, organizadas conforme as situações específicas encontradas no estudo, abrangendo aspetos como fundações estruturais, escavabilidade dos materiais, estabilidade de taludes e contenções periféricas.

É importante salientar que as considerações apresentadas não dispensam um dimensionamento mais aprofundado das características específicas das estruturas, e são apenas indicações de soluções padrão (*'standard'*) que podem ser implementadas.

Sob o ponto de vista das **fundações** estruturais, a unidade de aterro carece de informações sobre a sua metodologia de construção e controle, dificultando a avaliação da sua capacidade de carga. No entanto, os demais horizontes apresentam capacidade de carga superior a 100 kPa, conforme indicado no Quadro 2, considerando um fator de segurança global de 3. Estes valores são apenas de referência e podem ser otimizados mediante um dimensionamento específico considerando diversos fatores, como o tipo, características e magnitude das ações instaladas sob cada pilar, dimensão das sapatas e profundidade de encastramento.

No âmbito da **escavação** prevista, as sondagens realizadas revelam que até à cota de base do edifício a escavação decorrerá essencialmente em horizontes que permitem a escavação mecânica. Contudo, a natureza dos materiais e os graus de compactidade/consistência avaliados a partir do ensaio SPT sugerem que a escavação pode ser realizada com meios mecânicos de baixa a média potência, sendo necessários meios de alta potência no horizonte G4. A escavabilidade dos materiais só pode ser avaliada com algum rigor através da execução de perfis de refração sísmica, uma vez que a definição da capacidade dos equipamentos em geral é definida em função da velocidade de propagação das ondas sísmicas (primárias).

No que respeita à **estabilidade dos taludes** que poderão ser escavados durante a fase de construção, devem ser assumidas geometrias de 1:2,5 (v:h) para os horizontes G_{3A} e G_{3B}, e 1:2,0 (v:h) para os horizontes G_{3C} e G4. Já os aterros que eventualmente possam ser construídos, a sua geometria depende das características dos materiais e, sobretudo, do grau de compactação alcançado. Por norma, para compactações relativas acima de 95%, neste tipo de materiais, geometrias de 1:1,5 costumam ser estáveis.

Por fim, por impossibilidade de espaço para assumir as geometrias de equilíbrio na execução da escavação, será necessário realizar uma **contenção periférica**. Dentro das várias possibilidades existentes para este fim, destacam-se a parede “berlinense” e a parede moldada ou cortina de estacas periférica.

4.5. Conversão de dados no ‘ME-AGS GENERATOR’

4.5.1. Grupos Definidos

A fim de proceder com a digitalização de dados em geotecnia, é necessário registar os dados provenientes da realização de todos os ensaios e da sua respetiva análise. Para isso, numa primeira fase, é fundamental selecionar os grupos adequados do formato AGS que dizem respeito aos trabalhos realizados. Em adição aos grupos obrigatórios referidos no tópico 3.3.2., para os ensaios de penetração dinâmica SPT – *Standard Penetration Test*, o grupo correspondente é o grupo ISPT (*Standard Penetration Test Results / Resultados do SPT*). As descrições geológicas das sondagens devem ser introduzidas no grupo GEOL (*Field Geological Descriptions / Descrições Geológicas de Campo*). A instalação dos piezómetros enquadra-se no grupo PIPE (*Monitoring Installation Pipe Work / Instalação de piezómetros de monitorização*). Os dados das amostras recolhidas devem ser apresentados no SAMP (*Sample Information / Informações de Amostras*). Todavia, os resultados dos ensaios laboratoriais não foram processados, uma vez que o ‘ME-AGS GENERATOR’ ainda não

se encontra configurado para receber toda a extensão de informação relativa aos mesmos. A Figura 13 apresenta um resumo da associação de cada ensaio realizado com os respetivos grupos do formato de dados digital AGS.

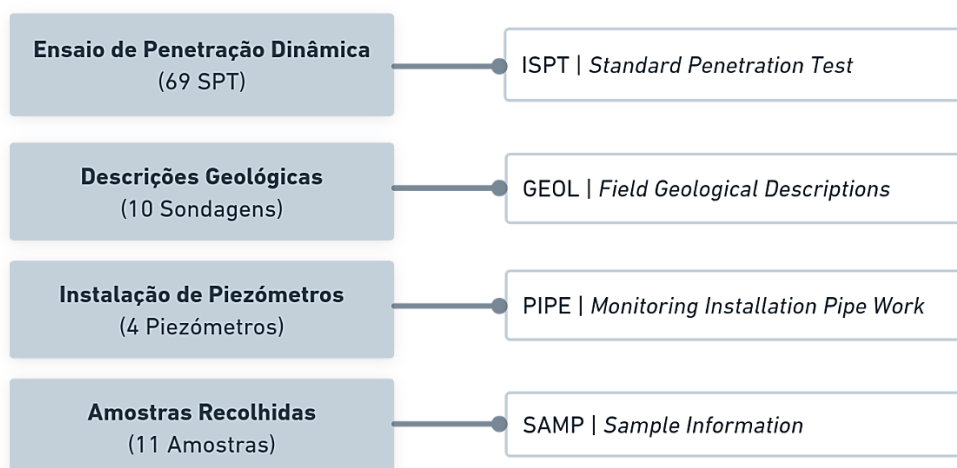


Figura 29: Associação dos ensaios realizados com os respetivos grupos do formato digital AGS.

Como referido anteriormente, neste projeto optou-se por se trabalhar com a versão mais recente do AGS, o AGS4.1.1, o qual será aplicado a este caso prático.

4.5.2. Apresentação dos dados

Diante do exposto, é de salientar que para introduzir os dados no ME-AGS GENERATOR, é imprescindível recorrer a todas as recomendações mencionadas no tópico 3.3.4., para que o programa funcione em conformidade e seja capaz de exportar automaticamente todo o conteúdo nele inserido para gerar o ficheiro de dados AGS.

O processo de introdução dos dados será revelado através de Figuras da *sheet* onde os dados foram introduzidos. Estas *sheets* não aparecem completas, uma vez que cada um dos grupos contém vários cabeçalhos, dificultando a sua visualização nas Figuras. Em Cruz (2022) e Pinto (2023), é possível encontrar a informação referente a todos os títulos respeitantes de cada grupo, bem como a sua descrição.

Para iniciar o 'ME-AGS GENERATOR' é realizada a seleção de todos os grupos no formato de dados AGS, referentes aos dados recolhidos nos ensaios de campo realizados, sendo que na Figura 14 está apresentada esta seleção.

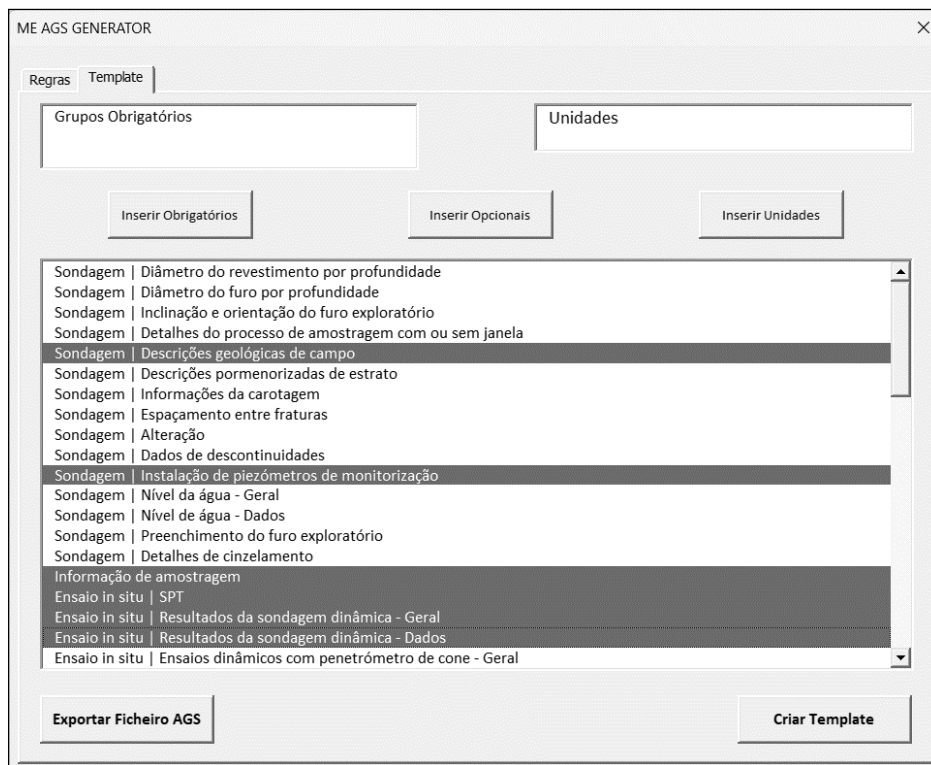


Figura 30: Inicialização do 'ME-AGS GENERATOR' e seleção dos grupos de trabalho.

Após a seleção de todos os grupos — Grupos Obrigatórios, Grupos Opcionais e Unidades —, foi criado o *Template* e foram exportadas todas as *sheets* para um novo livro, onde foram introduzidos os dados nos diferentes grupos. Para, posteriormente, ser novamente importado para o ficheiro Excel da aplicação de forma a poder criar o ficheiro “.ags”.

No ficheiro de texto dos Grupos Obrigatórios foi incluído o grupo DICT. No entanto, este grupo não foi utilizado para este caso de estudo e, por isso, não foi descrito.

4.5.2.1. Grupo PROJ

O grupo PROJ – *Project Information* (Informações do Projeto) é um dos grupos obrigatórios de um ficheiro AGS (Figura 14), e trata as informações do projeto. Neste grupo são disponibilizados 8 títulos para introdução de diferentes parâmetros, 1 dos quais é obrigatório (identificador do projeto). A Figura 31 ilustra o preenchimento dos cabeçalhos deste grupo.

No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

1	Informações do Projeto												
2	Número da Obra*	Nome da Obra	Localização da Obra	Cliente	Empreiteiro	Diretor de Obra	Comentários Genéricos à Obra	Referência do anexo					
3													
4	ID	X	X	X	X	X	X	X					
5	17040.518	Operacao D82.03 Luzoestela	Aveiro	Instituto da Habitacao e da Reabilitacao Urbana; I.P.	MEEC GEO	Daniela Cunha		PS01					
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													

Figura 31: Introdução de dados no grupo PROJ.

4.5.2.2. Grupo ABBR

O grupo ABBR – *Abbreviation Definitions* (Definições de Abreviaturas) é obrigatório em todos os arquivos de dados AGS e serve para descrever todas as abreviaturas utilizadas nas rubricas definidas pelo tipo de dados PA (Quadro 7, Regra 16). O tipo de dados PA é listado no dicionário de dados para cada título que tenha PA como definição no campo "TYPE", e deve ser especificado no grupo ABBR.

Neste grupo, foram utilizados apenas 4 cabeçalhos dos 6 existentes, com a inserção de 24 linhas de dados. Foram aplicadas tanto abreviaturas padrão quanto abreviaturas não padrão. Assim sendo, as abreviaturas não padrão pertencem ao grupo GEOL, mais concretamente nos títulos GEOL_GEOL e GEOL_GEO2, estas duas rubricas permitem a aplicação de abreviaturas definidas pelo autor e pela organização. Neste caso, optou-se a que a rubrica GEOL_GEO2 se baseasse na Classificação ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Todas as restantes abreviaturas presentes são abreviaturas padrão definidas no dicionário de dados definido pelo AGS. Na Figura 32 é possível verificar o preenchimento dos cabeçalhos referentes ao grupo referido.

No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

Título de campo no grupo*	Abreviatura utilizada*	Descrição da abreviatura*	Fonte da abreviatura	Observações	Referência do anexo
FILE_DOCT	DRAW	Drawing	AGS4.1.1		
FILE_DOCT	REP	Report	AGS4.1.1		
FILE_TYPE	PDF	Portable Document Format			
ISPT_TYPE	S	Split spoon	AGS4.1.1		
GEOL_LEG	102	Made Ground	AGS4.1.1		
GEOL_LEG	104	Concrete	AGS4.1.1		
GEOL_LEG	201	Clay	AGS4.1.1		
GEOL_LEG	203	Sandy Clay	AGS4.1.1		
GEOL_LEG	801	Mudstone	AGS4.1.1		
GEOL_GEO2	CH	Argila Gorda	ASTM		
GEOL_GEO2	CL	Argila Magra	ASTM		
GEOL_GEO2	MH	Argila Magra Arenosa	ASTM		
GEOL_GEO2	SC	Argila Magra com Areia	ASTM		
GEOL_GEO2	SM	Silte Elastico	ASTM		
GEOL_GEO2	SW	Areia Argilosa	ASTM		
SAMP_TYPE	B	Areia Siltosa	AGS4.1.1		
SAMP_TYPE	U	Areia bem graduada	AGS4.1.1		
		Bulk disturbed sample			
		Undisturbed sample - open drive			

Figura 32: Introdução de dados no grupo ABBR.

4.5.2.3. Grupo FILE

O grupo FILE – *Associated Files* (Ficheiros Associados) expressa o grupo onde estão listados todos os ficheiros associados que serão introduzidos nos diferentes grupos através do título FILE_FSET (Quadro 7, Regra 20), pela sua representatividade, faz parte da lista dos grupos obrigatórios de um ficheiro AGS. As únicas rubricas obrigatórias são o FILE_FSET, que contém a referência do ficheiro associado, e o FILE_NAME, que indica o respetivo nome do ficheiro. Neste grupo, foram utilizados apenas 6 cabeçalhos com 13 linhas de dados inseridas, referentes aos ficheiros associados da recolha de dados efetuada anteriormente (informações à cerca das sondagens, poço de prospeção, correção do NSPT e resultados dos ensaios laboratoriais), tal como é possível comprovar através da Figura 33.

No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

Referência do anexo*	Nome do ficheiro*	Descrição do conteúdo	Tipo de ficheiro	Programa pai e número da versão	Tipo de documento	Data do ficheiro yyyy-mm-dd	Comentários sobre o ficheiro
X	X	X	PA	X	PA	DT	X
FS01	S1	Abertura de obra	PDF		REP	2024-03-06	
FS02	S1	Boletim de S1	PDF		REP	2024-03-18	
FS03	S2	Boletim de S2	PDF		REP	2024-03-20	
FS04	S3	Boletim de S3	PDF		REP	2024-03-14	
FS05	S4	Boletim de S4	PDF		REP	2024-03-21	
FS06	S5	Boletim de S5	PDF		REP	2024-03-22	
FS07	S6	Boletim de S6	PDF		REP	2024-04-03	
FS08	S7	Boletim de S7	PDF		REP	2024-03-23	
FS09	S8	Boletim de S8	PDF		REP	2024-03-11	
FS10	S9	Boletim de S9	PDF		REP	2024-04-04	
FS11	S10	Boletim de S10	PDF		REP	2024-03-12	
FS12	P1	Boletim de P1	PDF		REP	2024-03-12	
FS13	NSPT-Sondagens	Boletim do NSPT corrigido das sondagens	PDF		REP	2024-05-16	
FS14	Resultados Solos	Quadro resumo de resultados dos ensaios laboratoriais e amostras do solo	PDF		REP	2024-04-24	

Figura 33: Introdução de dados no grupo FILE.

4.5.2.4. Grupo TRAN

O grupo TRAN – *Data File Transmission Information/ Data Status* (Informações de Transmissão de Ficheiros de dados/ Estado dos Dados) representa o grupo obrigatório que trata das informações de transmissão e estado do ficheiro de dados transferido (Quadro 7, Regra 14). Deve incluir apenas 1 linha de dados com o preenchimento obrigatório de 6 cabeçalhos, tal como é possível verificar na Figura 34.

No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

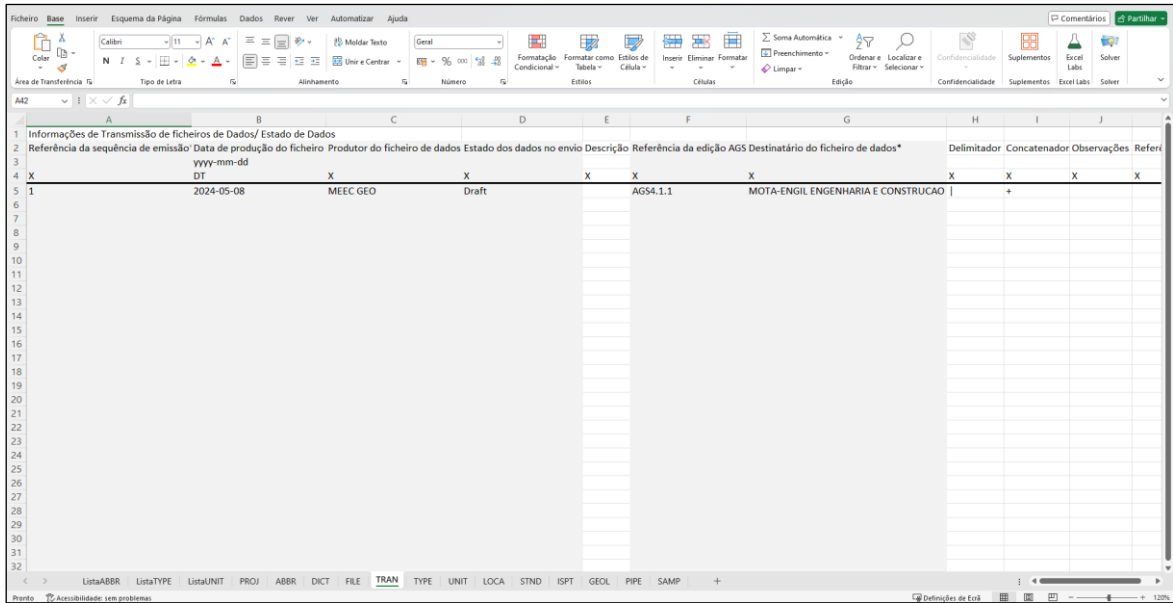


Figura 34: Introdução de dados no grupo TRAN.

4.5.2.5. Grupo TYPE

O grupo TYPE – *Definition of Data Types* (Definição do Tipo de Dados) representa o grupo onde são definidos os tipos de dados a introduzir no ficheiro e, por isso, faz parte do conjunto dos grupos obrigatórios que compõem um ficheiro AGS.

Na Figura 35 é possível verificar o preenchimento dos cabeçalhos obrigatórios deste grupo e os respetivos tipos de dados que podem ser utilizados na construção de um ficheiro AGS.

No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

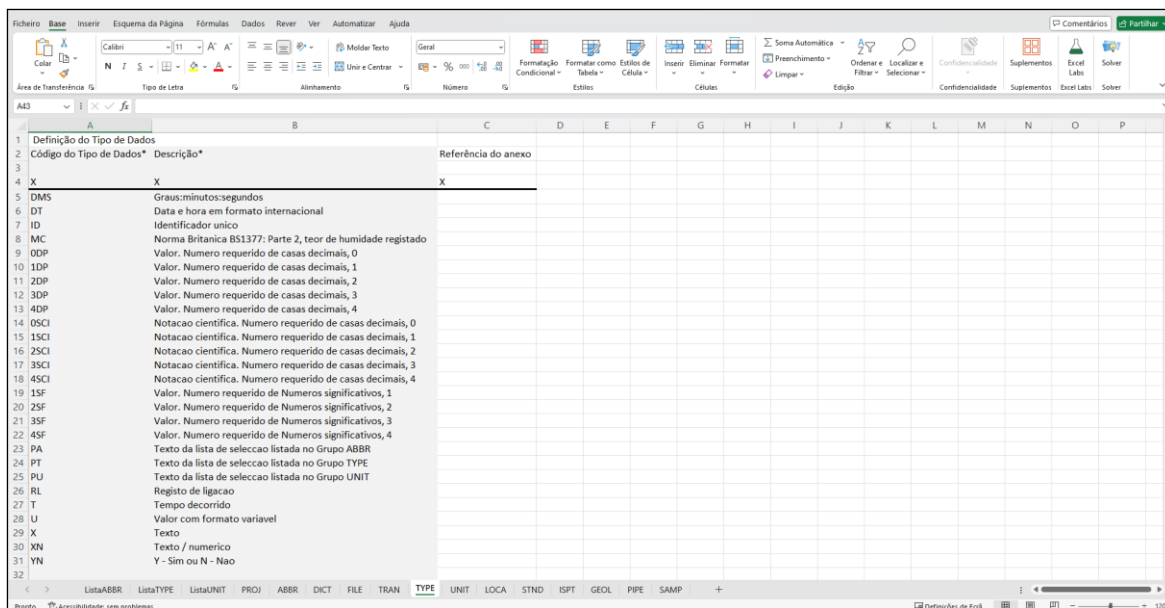


Figura 35: Introdução de dados no grupo TYPE.

4.5.2.6. Grupo UNIT

O grupo UNIT – *Definition of Units* (Definição de Unidades) é requerido em todos os ficheiros AGS uma vez que define todas as unidades para as rubricas de dados e para o registo dos mesmos.

Na Figura 36 encontra-se o registo dos 2 cabeçalhos obrigatórios, no entanto não é possível visualizar todo o conjunto de unidades disponíveis. Para diminuir a margem de erros, optou-se por inserir todos os dados possíveis.

No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

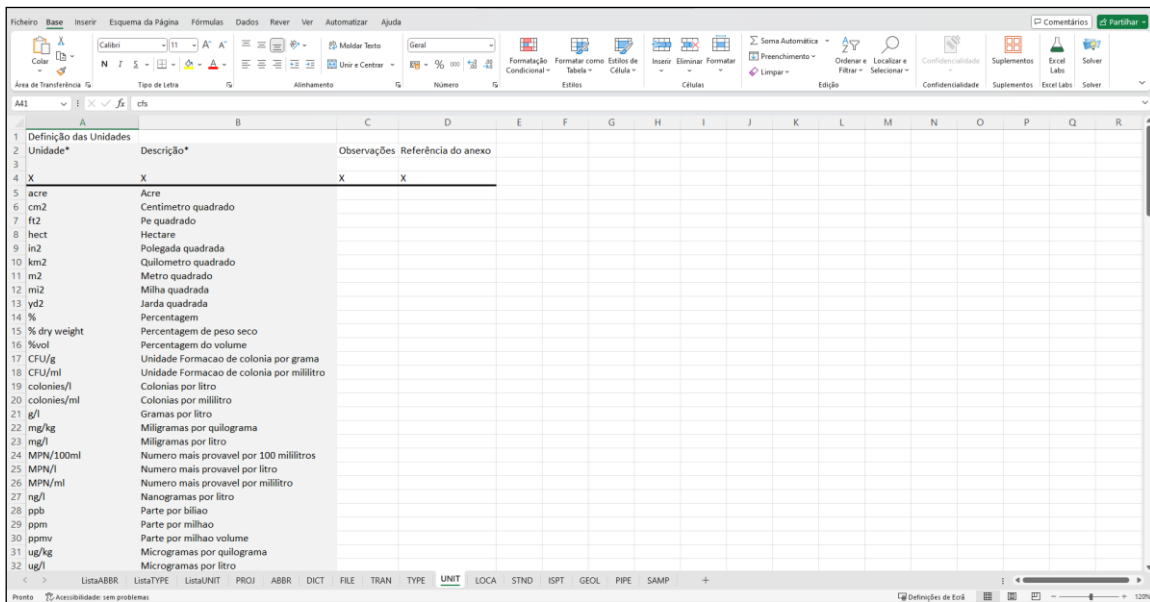


Figura 36: Introdução de dados no grupo UNIT.

4.5.2.7. Grupo LOCA

O grupo LOCA – *Location Details* (Detalhes da Localização) é o grupo empregue para transferir a referenciação espacial de todos os locais onde foram registados dados. Este, inclui a localização de pontos de amostragem ou outros locais onde foi feita uma observação, ensaio ou recolha de amostras. Tal como foi referido anteriormente no tópico 3.3.2, pela necessidade de georreferenciar os ensaios e sondagens, possibilitando a sobreposição em outros programas como o QGIS, e facilitando a inserção das coordenadas e cotas dos pontos de interesse, o grupo LOCA, apartir da criação da ‘ME-AGS GENERATOR’ por Pinto (2023), foi considerado obrigatório apesar de não ser reconhecido oficialmente como tal pelo *AGS Data Management Working Group*.

A Figura 37 revela o preenchimento de alguns cabeçalhos deste grupo, referentes à localização da obra, sondagens e poço de prospeção realizados.

No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

ID	PA	PA	ZDP	ZDP	PA	ZDP	X	ZDP	DT	X	X	DT	X	ZDP	ZDP	ZDP	X	X	ZDP	ZDP	ZDP	ZDP	ZDP	ZDP	ZDP	ZDP	ZDP	DMS
17040.518									2024-03-11			2024-04-04																
S1-Pz									2024-03-14			2024-03-18																
S2									2024-03-19			2024-03-20																
S3-Pz									2024-03-13			2024-03-14																
S4									2024-03-20			2024-03-21																
S5									2024-03-21			2024-03-22																
S6									2024-04-02			2024-04-03																
S7									2024-03-22			2024-03-23																
S8-Pz									2024-03-07			2024-03-11																
S9									2024-04-03			2024-04-04																
S10-Pz									2024-03-11			2024-03-12																
P1									2024-03-12			2024-03-12																

Figura 37: Introdução de dados no grupo LOCA.

4.5.2.8. Grupo STND

O grupo STND – *Standards / Specifications* (Normas / Especificações) é o grupo que enumera as várias normas e especificações que definem os métodos pelos quais os dados foram recolhidos. Tal como é possível verificar na Figura 38, neste caso apenas se fez referência à norma que aborda o ensaio SPT (ISO 22476-3), uma vez que esta foi mencionada no grupo ISPT.

No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

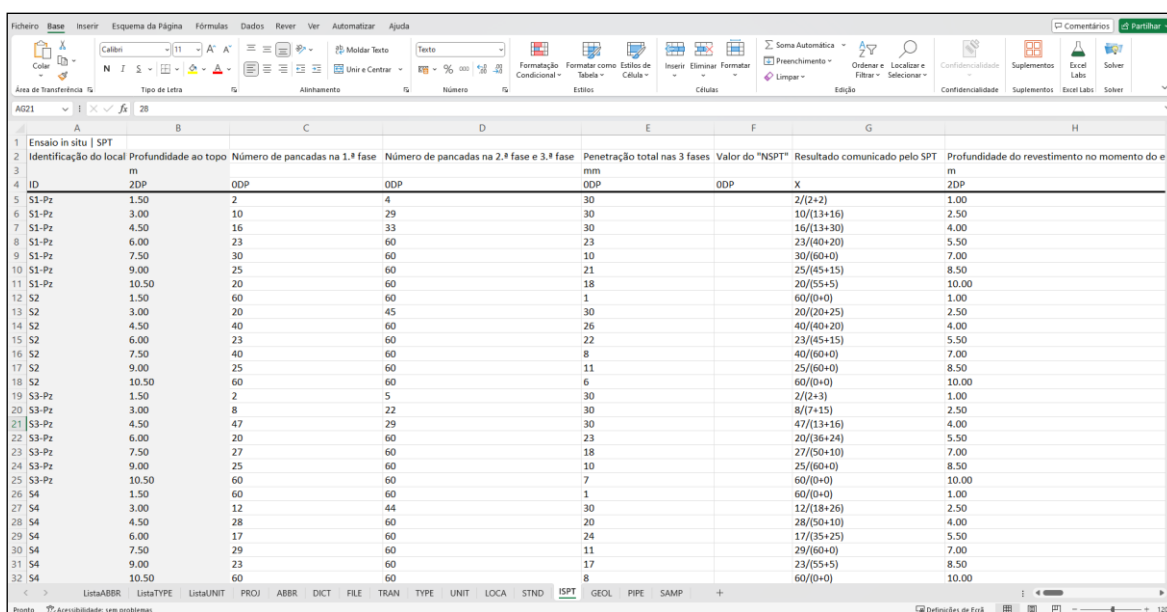
Especificações/ Normas	Referência da especificação*	Objetivo dos dados recolhidos para esta norma	Observações	Referência do anexo
X	X	X	X	X
ISO 22476-3	Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 3: Standard penetration test			

Figura 38: Introdução de dados no grupo STDN.

4.5.2.9. Grupo ISPT

O grupo ISPT – *Standard Penetration Test Results* (SPT) é o grupo onde são inseridos todos os dados recolhidos do ensaio SPT. Nele estão disponibilizados 33 cabeçalhos para introdução de diversos parâmetros, 2 dos quais são obrigatórios. Na Figura 39 apenas é possível verificar 7 cabeçalhos dos 12 utilizados e apenas algumas linhas de introdução de dados.

No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.



1	A	B	C	D	E	F	G	H
2	Ensaio in situ SPT	Profundidade ao topo	Número de pancadas na 1.ª fase	Número de pancadas na 2.ª fase e 3.ª fase	Penetração total nas 3 fases	Valor do "NSPT"	Resultado comunicado pelo SPT	Profundidade do revestimento no momento do e
3	Identificação do local	m			mm			m
4	ID	2DP	ODP	ODP	ODP	ODP	X	2DP
5	S1-Pz	1.50	2	4	30		2/(2+2)	1.00
6	S1-Pz	3.00	10	29	30		10/(13+16)	2.50
7	S1-Pz	4.50	16	33	30		16/(13+30)	4.00
8	S1-Pz	6.00	23	60	23		23/(40+20)	5.50
9	S1-Pz	7.50	30	60	10		30/(60+0)	7.00
10	S1-Pz	9.00	25	60	21		25/(45+15)	8.50
11	S1-Pz	10.50	20	60	18		20/(55+5)	10.00
12	S2	1.50	60	60	1		60/(0+0)	1.00
13	S2	3.00	20	45	30		20/(20+25)	2.50
14	S2	4.50	40	60	26		40/(40+20)	4.00
15	S2	6.00	23	60	22		23/(45+15)	5.50
16	S2	7.50	40	60	8		40/(60+0)	7.00
17	S2	9.00	25	60	11		25/(60+0)	8.50
18	S2	10.50	60	60	6		60/(0+0)	10.00
19	S3-Pz	1.50	2	5	30		2/(2+3)	1.00
20	S3-Pz	3.00	8	22	30		8/(7+15)	2.50
21	S3-Pz	4.50	47	29	30		47/(13+16)	4.00
22	S3-Pz	6.00	20	60	23		20/(36+24)	5.50
23	S3-Pz	7.50	27	60	18		27/(50+10)	7.00
24	S3-Pz	9.00	25	60	10		25/(60+0)	8.50
25	S3-Pz	10.50	60	60	7		60/(0+0)	10.00
26	S4	1.50	60	60	1		60/(0+0)	1.00
27	S4	3.00	12	44	30		12/(18+26)	2.50
28	S4	4.50	28	60	20		28/(50+10)	4.00
29	S4	6.00	17	60	24		17/(35+25)	5.50
30	S4	7.50	29	60	11		29/(60+0)	7.00
31	S4	9.00	23	60	17		23/(55+5)	8.50
32	S4	10.50	60	60	8		60/(0+0)	10.00

Figura 39: Introdução de dados no grupo ISPT.

4.5.2.10. Grupo GEOL

O grupo GEOL – *Field Geological Descriptions* (Descrições Geológicas de Campo) representa todas as descrições de campo dos materiais geológicos exigidos pela EN ISO 14688-1 e 14689, e também pela norma inglesa BS 5930. Caso sejam necessárias informações mais detalhadas sobre o grau de alteração (W) de maciços rochosos, recomenda-se seguir as diretrizes estabelecidas pela ISRM (1980, 2007, 2015). Este grupo fornece 12 parâmetros diferentes para análise, dos quais 3 são obrigatórios.

À semelhança do que foi descrito anteriormente, o título GEOL_LEG (código da legenda) é fundamentado com a informação recolhida do dicionário de dados retirado do AGS4.1.1 AU 1.2 (2022), já os títulos GEOL_GEOL (código geológico) e GEOL_GEO2 (segundo código geológico) podem conter códigos definidos pela instituição responsável pelos ensaios, podendo ser códigos internos ou uma classificação dos horizontes geotécnicos baseada no projeto. A codificação é

geralmente determinada pelo supervisor da investigação, projetista ou consultor. Caso um empreiteiro inclua essa codificação nos arquivos em formato AGS, é necessário que isso seja especificado no projeto, pois a codificação geralmente não é um requisito dos padrões de projeto.

Por recomendação do documento AGS (2022):

→ O código geológico GEOL_GEOL respeita o Nome Geológico de cada unidade, definidos pela instituição com base nos ensaios laboratoriais realizados, assim sendo:

- At como abreviatura de Aterro;
- AG como abreviatura de Argila Gorda (ou seja muito plástica);
- AG_A como abreviatura de Argila Gorda com Areia;
- AM como abreviatura de Argila Magra (i.e., menos plástica);
- AMA como abreviatura de Argila Magra Arenosa;
- AM_A como abreviatura de Argila Magra com Areia;
- SE como abreviatura de Silte Elástico

→ O segundo código geológico GEOL_GEO2 respeita o tipo de material de cada horizonte geotécnico, baseado na Classificação ASTM (*American Society for Testing and Materials*) e seguindo, em parte, a terminologia para fins de engenharia recomendados por Gomes Correia (1988), assim sendo:

- CH como abreviatura de Argila Gorda;
- CL como abreviatura de Argila Magra;
- MH como abreviatura de Silte Elástico;
- SC como abreviatura de Areia Argilosa;
- SM como abreviatura de Areia Siltosa;
- SW como abreviatura de Areia bem graduada.

Na Figura 40, é possível verificar uma demonstração do preenchimento dos dados de, pelo menos, 7 cabeçalhos dos quais 3 são obrigatórios. No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

ID	m	m	X	PA	PA	PA
5 S1-Pz	0.00	0.50	Areias grosseiras amareladas com seixo rolado e blocos: Aterro	102	At	SW
6 S1-Pz	0.50	2.00	Areia siltoosa cinza-acastanhada com fragmentos tijolo madeiras e cascalho dispersos: Aterro	102	At	SM
7 S1-Pz	2.00	3.00	Areias grosseiras acastanhadas com seixo medio a grande e cascalho disperso: Aterro	102	At	SW
8 S1-Pz	3.00	6.00	Argila acastanhada a cinzenta com algum seixo rolado e cascalho disperso	201	AM	CL
9 S1-Pz	6.00	10.00	Argilto cinzento	801	AM	CL
10 S1-Pz	10.00	10.50	Argilto cinzento	801	AM	CL
11 S2	0.00	1.50	Areias grosseiras com seixo; cascalho; alvenaria; betao: Aterro heterogeneo	102	At	SW
12 S2	1.50	2.30	Laje de betao armado	104	At	
13 S2	2.30	3.00	Argila com cascalho acastanhada	102	AMA	CL
14 S2	3.00	4.50	Argila siltoosa castanha a cinzenta com cascalho a topo e seixo rolado disperso	201	AMA	CL
15 S2	4.50	10.00	Argilto cinzento	801	AMA	CL
16 S2	10.00	10.50	Argilto cinzento	801	AMA	CL
17 S3-Pz	0.00	1.00	Areia grosseira acastanhada com seixo rolado; blocos; tijolo; betao: Aterro heterogeneo	102	At	SW
18 S3-Pz	1.00	1.50	Laje de betao	104	At	
19 S3-Pz	1.50	3.00	Areia silto-argilosa acastanhada com cascalho e seixo: Aterro	102	At	SM
20 S3-Pz	3.00	6.00	Argila castanha-acinzentada com algum cascalho disperso	201	AG_A	CH
21 S3-Pz	6.00	10.00	Argilto acinzentado	801	AG_A	CH
22 S3-Pz	10.00	10.50	Argilto acinzentado	801	AG_A	CH
23 S4	0.00	1.50	Areia grosseira siltoosa acastanhada com cascalho; fragmentos de tijolo; seixo rolado; betao: Aterro heterogeneo	102	At	SW
24 S4	1.50	1.70	Laje de betao	104	At	
25 S4	1.70	4.50	Argila siltoosa algo arenosa castanha com algum seixo disperso: Aterro	102	At	CL
26 S4	4.50	10.00	Argilto cinza friavel	801	AM	CL
27 S4	10.00	10.50	Argilto cinza friavel	801	AM	CL
28 S5	0.00	1.00	Areia grosseira acastanhada com seixo e betao: Aterro	102	At	SW
29 S5	1.00	1.50	Argila siltoosa castanha com fragmentos de tijolo e seixo rolado: Aterro	102	At	CL
30 S5	1.50	3.00	Areias grosseiras acastanhadas com seixo e cascalho: Aterro	102	At	SW
31 S5	3.00	4.50	Argila algo siltoosa castanha a cinza com algum seixo pequeno pontual	201		
32 S5	4.50	10.00	Argilto cinzento	801	AG	CH

Figura 40: Introdução de dados no grupo GEOL.

4.5.2.11. Grupo PIPE

O grupo PIPE – *Monitoring Installation Pipe Work* (Instalação de Piezómetros de Monitorização) é o grupo que representa toda a informação relativa aos piezómetros de monitorização colocados em obra. Dos 9 cabeçalhos existentes, apenas 4 são obrigatórios, tal como é possível verificar na Figura 41. No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

ID	X	ZDP	ZDP	ODP	PA	X	X	X
5 S1-Pz	S1-Pz	4.50	9.50					
6 S3-Pz	S3-Pz	4.50	9.50					
7 S8-Pz	S8-Pz	4.50	8.00					
8 S10-Pz	S10-Pz	4.50	9.50					

Figura 41: Introdução de dados no grupo PIPE.

4.5.2.12. Grupo SAMP

O grupo SAMP – *Sample Information* (Informação de Amostragem), é o local designado para o registo de todas as amostras colhidas durante as atividades de amostragem de campo ou laboratório. Nele, são disponibilizados 35 campos para a entrada de diversos parâmetros, dos quais 5 são obrigatórios. Na Figura 26 é possível verificar o preenchimento de alguns cabeçalhos deste grupo bem como as linhas de introdução de dados. No tópico 4.5.4 é possível verificar os dados introduzidos, no ficheiro Excel, em formato do código AGS.

1	Informação de amostragem							
2	Identificação do local*	Profundidade do topo da amostra*	Referência da amostra*	Tipo de amostra*	Identificador único da amostra*	Profundidade à base da amostra	Data e hora da recolha da amostra	Número de pancadas necessárias para penet
3	m					m	yyyy-mm-ddThh:mm	
4	ID	ZDP	X	PA	ID	ZDP	DT	ODP
5	S1-Pz	3.60	S1-Pz (3.60-4.20)m	U	A0554.24	4.20		
6	S2	6.00	S2 (6-7.5)m	B	A0718.24	7.50		
7	S3-Pz	3.60	S3-Pz (3.60-4.10)m	U	A0533.24	4.10		
8	S4	9.00	S4 (9-10.5)m	B	A0719.24	10.50		
9	S5	9.00	S5 (9-10.5)m	B	A0720.24	10.50		
10	S6	6.00	S6 (6-7.5)m	B	A0721.24	7.50		
11	S7	3.50	S7 (3.5-4.5)m	B	A0722.24	4.50		
12	S8-Pz	6.00	S8-Pz (6-7.5)m	B	A0723.24	7.50		
13	S9	3.50	S9 (3.50-4.10)m	U	A0681.24	4.10		
14	S10-Pz	9.00	S10-Pz (9-10.5)m	B	A0724.24	10.50		
15	P1	1.80	P1 (1.80-2.50)m	B	A0532.24	2.50		

Figura 42: Introdução de dados no grupo SAMP.

4.5.3. Geração do Código AGS

Após a introdução de todos os dados referentes aos diferentes grupos, procedeu-se à importação das folhas apresentadas anteriormente para o ficheiro inicial no Excel, denominado 'ME-AGS GENERATOR'. Este processo foi realizado através da funcionalidade "IMPORTAR FOLHAS", conforme ilustrado na Figura 43. Esta opção permite ao utilizador selecionar o ficheiro Excel que contém toda a informação já tratada e preparada para ser integrada.

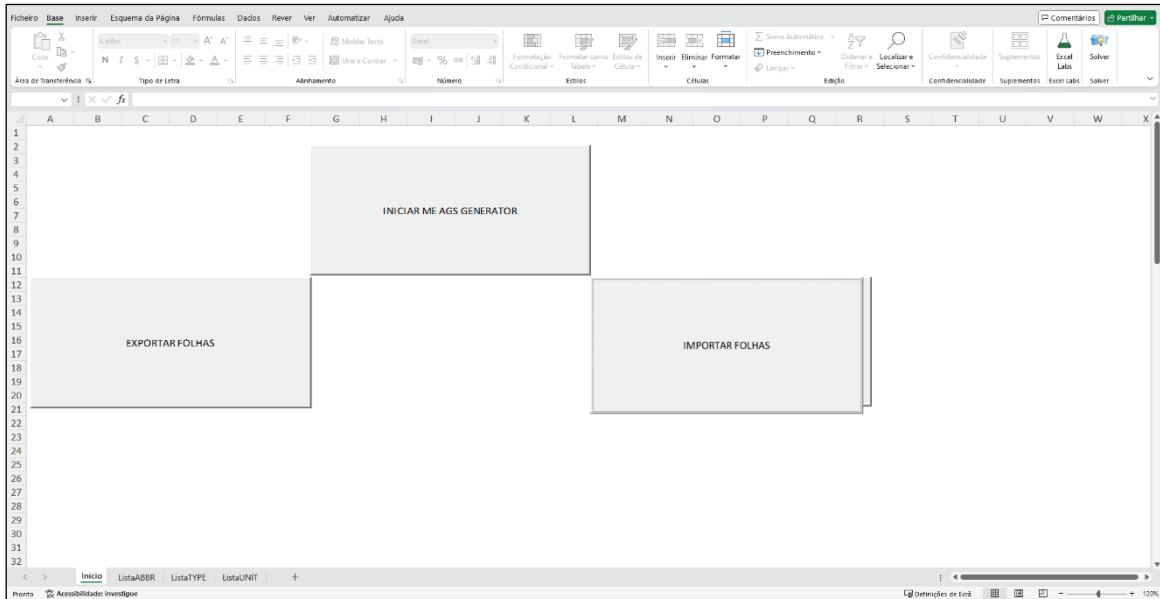


Figura 43: Folha de abertura da inicialização da aplicação 'ME-AGS GENERATOR'.

Posto isto, procede-se a exportação desses dados para um ficheiro no formato de dados “.ags”, Figura 44.



Figura 44: Ficheiro final no formato de dados AGS.

Posteriormente à criação do ficheiro no formato AGS, representado na Figura 44, foi necessário convertê-lo para um ficheiro de texto “.txt”. Esta conversão é essencial para que o conteúdo do ficheiro AGS possa ser verificado e validado manualmente, garantindo que todas as informações foram corretamente exportadas e estão em conformidade com as especificações desejadas.

A Figura 45 apresenta um excerto representativo de cada um dos grupos analisados neste estudo de caso. Optou-se por mostrar apenas um excerto, considerando que o código compreende um grande volume de linhas de dados, o que torna impraticável a inclusão de todo o conteúdo nesta dissertação.


```

"GROUP","ISPT"
"HEADING","LOCA_ID","ISPT_TOP","ISPT_SEAT","ISPT_MAIN","ISPT_NPEN","ISPT_NVAL","ISPT_REP","I
SPT_CAS","ISPT_WAT","ISPT_TYPE","ISPT_HAM","ISPT_ERAT","ISPT_SWP","ISPT_INC1","ISPT_INC2","IS
PT_INC3","ISPT_INC4","ISPT_INC5","ISPT_INC6","ISPT_PEN1","ISPT_PEN2","ISPT_PEN3","ISPT_PEN4","
ISPT_PEN5","ISPT_PEN6","ISPT_ROCK","ISPT_REM","ISPT_ENV","ISPT_METH","ISPT_CRED","TEST_STAT
","FILE_FSET","ISPT_N60"
"UNIT","m","m","mm","m","m","%","mm","mm","mm","mm","mm","mm","mm","mm","mm"
"TYPE","ID","2DP","ODP","ODP","ODP","ODP","X","2DP","XN","PA","X","ODP","ODP","ODP","ODP","ODP",
"ODP","ODP","ODP","ODP","ODP","ODP","ODP","ODP","ODP","ODP","YN","X","X","X","X","X","X","ODP"
"DATA","S1-
Pz","1.50","2","4","30","2/(2+2)","1.00","S","60","N","ISO 22476-3","FS13","5"
"DATA","S1-
Pz","3.00","10","29","30","10/(13+16)","2.50","S","60","N","ISO 22476-3","FS13","25"
"DATA","S1-
Pz","4.50","16","33","30","16/(13+30)","4.00","S","60","N","ISO 22476-3","FS13","31"
"DATA","S1-
Pz","6.00","23","60","23","23/(40+20)","5.50","S","60","Y","ISO 22476-3","FS13","60"
"DATA","S1-
Pz","7.50","30","60","10","30/(60+0)","7.00","S","60","Y","ISO 22476-3","FS13","60"
"DATA","S1-
Pz","9.00","25","60","21","25/(45+15)","8.50","S","60","Y","ISO 22476-3","FS13","60"
"DATA","S1-
Pz","10.50","20","60","18","20/(55+5)","10.00","S","60","Y","ISO 22476-3","FS13","60"
"GROUP","GEOL"
"HEADING","LOCA_ID","GEOL_TOP","GEOL_BASE","GEOL_DESC","GEOL_LEG","GEOL_GEOL","GEOL_GE
O2","GEOL_STAT","GEOL_BGS","GEOL_FORM","GEOL_REM","FILE_FSET"
"UNIT","m","m","m","m","m","m","m","m","m","m","m","m","m","m","m"
"TYPE","ID","2DP","2DP","X","PA","PA","PA","X","PA","X","X","X"
"DATA","S1-Pz","0.00","0.50","Areias grosseiras amareladas com seixo rolado e blocos:
Aterro","102","At","SW","FS02"
"DATA","S1-Pz","0.50","2.00","Areia siltosa cinza-acastanhado com fragmentos tijolo madeiras e
cascalho dispersos: Aterro","102","At","SM","FS02"
"DATA","S1-Pz","2.00","3.00","Areias grosseiras acastanhadas com seixo medio a grande e cascalho
disperso: Aterro","102","At","SW","FS02"
"DATA","S1-Pz","3.00","6.00","Argila acastanhada a cinzenta com algum seixo rolado e cascalho
disperso","201","AM","CL","FS02"
"DATA","S1-Pz","6.00","10.00","Argilito cinzento","801","AM","CL","FS02"
"DATA","S1-Pz","10.00","10.50","Argilito cinzento","801","AM","CL","FS02"
"DATA","S2","0.00","1.50","Areias grosseiras com seixo; cascalho; alvenaria; betao: Aterro
heterogeneo","102","At","SW","FS03"
"DATA","S2","1.50","2.30","Laje de betao armado","104","At","FS03"
"DATA","S2","2.30","3.00","Argila com cascalho acastanhada","102","AMA","CL","FS03"
"DATA","S2","3.00","4.50","Argila siltosa castanha a cinzenta com cascalho a topo e seixo rolado
disperso","201","AMA","CL","FS03"

```

Figura 45 (continuação): Excerto do código em formato AGS.

```

"DATA","S2","4.50","10.00","Argilito cinzento","801","AMA","CL","","","","FS03"
"DATA","S2","10.00","10.50","Argilito cinzento","801","AMA","CL","","","","FS03"
"GROUP","PIPE"
"HEADING","LOCA_ID","PIPE_REF","PIPE_TOP","PIPE_BASE","PIPE_DIAM","PIPE_TYPE","PIPE_CONS","
PIPE_REM","FILE_FSET"
"UNIT","","","m","m","mm","","deg","deg",""
"TYPE","ID","X","2DP","2DP","0DP","PA","X","X","X"
"DATA","S1-Pz","S1-Pz","4.50","9.50","","","",""
"DATA","S3-Pz","S3-Pz","4.50","9.50","","","",""
"DATA","S8-Pz","S8-Pz","4.50","8.00","","","",""
"DATA","S10-Pz","S10-Pz","4.50","9.50","","","",""
"GROUP","SAMP"
"HEADING","LOCA_ID","SAMP_TOP","SAMP_REF","SAMP_TYPE","SAMP_ID","SAMP_BASE","SAMP_DTI
M","SAMP_UBLO","SAMP_CONT","SAMP_PREP","SAMP_SDIA","SAMP_WDEP","SAMP_RECV","SAMP_
TECH","SAMP_MATX","SAMP_TYPC","SAMP_WHO","SAMP_WHY","SAMP_REM","SAMP_DESC","SAMP_
DESD","SAMP_LOG","SAMP_COND","SAMP_CLSS","SAMP_BAR","SAMP_TEMP","SAMP_PRES","SAMP_
FLOW","SAMP_ETIM","SAMP_DURN","SAMP_CAPT","SAMP_LINK","GEOL_STAT","FILE_FSET","SAMP_
RECL"
"UNIT","","m","","m","yyyy-mm-ddThh:mm","","","mm","m","%","","","yyyy-mm-
dd","","bar","DegC","bar","l/min","yyyy-mm-ddThh:mm","hh:mm:ss","","mm"
"TYPE","ID","2DP","X","PA","ID","2DP","DT","0DP","X","X","0DP","2DP","0DP","X","X","X","X","X","X"
X","DT","X","X","1DP","0DP","1DP","1DP","DT","T","X","RL","X","X","0DP"
"DATA","S1-Pz","3.60","S1-Pz (3.60-
4.20)m","U","A0554.24","4.20","","","Ar
gila magra","FS14"
"DATA","S2","6.00","S2 (6-
7.5)m","B","A0718.24","7.50","","Argil
a magra arenosa","FS14"
"DATA","S3-Pz","3.60","S3-Pz (3.60-
4.10)m","U","A0533.24","4.10","","Ar
gila gorda com areia","FS14"
"DATA","S4","9.00","S4 (9-
10.5)m","B","A0719.24","10.50","","A
rgila magra","FS14"

```

Figura 45 (continuação): Excerto do código em formato AGS.

4.5.4. Validação do Código

Com o ficheiro AGS criado, torna-se fundamental validar o seu conteúdo para assegurar que este cumpre todas as normas estabelecidas para o formato de dados AGS, conforme descrito no Quadro 7. Para essa validação, foram utilizados dois tipos de validadores *open-source* (código aberto) e gratuitos. São eles, o Validador de Arquivos AGS do *British Geological Survey* e o Validador de Arquivos AGS - Versão Beta v1.0.0, tal como já foi abordado no tópico 3.3.5.

4.5.4.1. Validador de Ficheiros AGS – ‘British Geological Survey’

Na sequência da validação do ficheiro de dados, após a realização do upload do mesmo ficheiro para o validador *British Geological Survey* (disponível em <https://agsapi.bgs.ac.uk/>), obteve-se o seguinte resultado:

```
=====
Caso Prático.ags: 41 error(s) found in file!

# Metadata

File size: 36490 bytes
Checkers: ['python_ags4 v0.5.0', 'bgs_rules v3.0.0']
Dictionary: Standard_dictionary_v4_1_1.ags
Time: 2024-06-10 10:32:02.144850+00:00

13 groups identified in file: PROJ ABBR DICT FILE TRAN TYPE UNIT LOCA STND ISPT GEOL PIPE SAMP
Optional FILE group present: True
Optional DICT group present: True
12 data row(s) in LOCA group
1 projects found: 17040.518 (Operacao D82.03 Luzoestela)

# Errors

## AGS Format Rule 2

Line: 34 - No DATA rows in group.

## AGS Format Rule 20

Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS03" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS02" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS01" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS07" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS11" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS05" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS06" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS09" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS04" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS14" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS13" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS10" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS08" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS12" not found even though it is defined in the FILE group.

## BGS data validation: Eastings/Northings Present

Group: LOCA - LOCA_NATE contains zeros or null values
Group: LOCA - LOCA_NATN contains zeros or null values

## BGS data validation: LOCA within Great Britain

Line: 1 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (17040,518)
Line: 2 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S1-Pz)
Line: 3 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S2)
```

Line: 4 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S3-Pz)
Line: 5 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S4)
Line: 6 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S5)
Line: 7 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S6)
Line: 8 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S7)
Line: 9 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S8-Pz)
Line: 10 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S9)
Line: 11 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S10-Pz)
Line: 12 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (P1)
Line: 1 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (17040,518)
Line: 2 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S1-Pz)
Line: 3 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S2)
Line: 4 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S3-Pz)
Line: 5 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S4)
Line: 6 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S5)
Line: 7 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S6)
Line: 8 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S7)
Line: 9 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S8-Pz)
Line: 10 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S9)
Line: 11 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S10-Pz)
Line: 12 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (P1)

Observando o resultado adquirido neste validador, é possível reter as informações base associadas ao ficheiro de dados, tal como: o número de erros associados (*41 error(s) found in file*), o tamanho do mesmo (File size: 36490 bytes), o tipo de verificadores utilizados (*Checkers: ['python_ags4 v0.5.0', 'bgs_rules v3.0.0']*), a versão do dicionário de dados (*Dictionary: Standard_dictionary_v4_1_1.ags*), a data e as horas da validação (Time: 2024-06-10 10:32:02.144850+00:00).

Seguidas das informações base associadas ao ficheiro, é descrita a constituição do ficheiro AGS. Assim sendo, é apresentado o número de grupos encontrados (*13 groups identified in file: PROJ ABBR DICT FILE TRAN TYPE UNIT LOCA STND ISPT GEOL PIPE SAMP*), a presença do grupo FILE e a presença do grupo DICT (*Optional FILE group present: True; Optional DICT group present: True*). É ainda disposto, o número de projetos encontrados (*1 projects found: 17040.518*)

No que concerne aos erros encontrados, foram detetados 41 erros, dispostos consoante a regra do formato AGS infringida. O primeiro erro detetado refere-se à presença do grupo DICT no ficheiro, que não contém as informações necessárias, infringindo a Regra 2 do formato de dados AGS (Quadro 7). O segundo erro detetado está relacionado à violação da Regra 20 do formato de dados AGS (Quadro 7), isto é, 14 erros do código de verificação correspondem ao facto de não ter sido encontrada a pasta com os ficheiros associados. Os restantes 26 erros estão relacionados com o formato de validação BGS (British Geological Survey), indicando que as coordenadas introduzidas

no grupo LOCA estão fora da Grã-Bretanha e da Irlanda do Norte, logo estes últimos podem ser desprezados.

Em resumo, o validador apresentou um total de 15 erros relacionados com o formato de dados AGS: 1 erro devido à falta de dados no grupo DICT e 14 erros relacionados com os ficheiros associados.

4.5.4.2. Validador de Ficheiros AGS – v1.0.0

De forma a comprovar os resultados obtidos pelo validador BGS, é apresentada em seguida a validação através do validador da AGS (disponível em <https://gitlab.com/ags-data-format-wg/ags-checker-desktop-app>).

=====

AGS validation report

File to be validated: C:/Users/Utilizador/Desktop/TESE/7_ME-AGS 17040.518/Caso Prático.ags

Validation carried out using a beta version of the desktop software v1.0.0

validation using Standard_dictionary_v4_1_1.ags

=====

Validation Started...This could take some time for a large file.

File Name: Caso Prático.ags
File Size: 35 kB
Checker: python_ags4 v0.4.1
Dictionary: Standard_dictionary_v4_1_1.ags
Time (UTC): 2024-06-11 09:16:56

15 error(s) found in file.

FAIL: AGS Format Rule 2:

Line 34 DICT No DATA rows in group.

FAIL: AGS Format Rule 20:

Line 53 FILE File named "FILE\FS12\P1" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 47 FILE File named "FILE\FS06\S5" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 54 FILE File named "FILE\FS13\NSPT-Sondagens" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 50 FILE File named "FILE\FS09\S8" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 48 FILE File named "FILE\FS07\S6" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 55 FILE File named "FILE\FS14\Resultados Solos" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 42 FILE File named "FILE\FS01\Abertura de obra " not found even though it is defined in the FILE table.

Line 46 FILE File named "FILE\FS05\S4" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 43 FILE File named "FILE\FS02\S1" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 51 FILE File named "FILE\FS10\S9" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 45 FILE File named "FILE\FS04\S3" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 52 FILE File named "FILE\FS11\S10" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 49 FILE File named "FILE\FS08\S7" not found even though it is defined in the FILE table.

Line 44 FILE File named "FILE\FS03\S2" not found even though it is defined in the FILE table.

Validation finished

À semelhança do anterior, neste validador, obtém-se inicialmente a informação base do ficheiro, assim como: o nome do ficheiro (*File Name*: Caso Prático.ags), o tamanho do mesmo (*File Size*: 35 kB), o tipo de verificador utilizado (*Checker*: python_ags4 v0.4.1), a versão do dicionário de dados (*Dictionary*: Standard_dictionary_v4_1_1.ags), a data e as horas da validação (Time (UTC): 2024-06-11 09:16:56). E, por fim, o número de erros associados (*15 error(s) found in file*).

No que diz respeito aos erros encontrados no ficheiro, este apresenta 15 erros, dispostos consoante a regra do formato AGS infringida, tal como o validador anterior. Novamente, o primeiro erro detetado refere-se à presença do grupo DICT no ficheiro, que não contém as informações necessárias, infringindo a Regra 2 do formato de dados AGS (Quadro 7). Já o segundo erro detetado, refere-se à violação da Regra 20 do formato de dados AGS (Quadro 7), à ausência do reconhecimento da pasta contendo os ficheiros associados.

4.5.5. Correção dos erros AGS - Validação Final

Após a realização das duas verificações, constatou-se que ambos os validadores apresentam a mesma quantidade de erros no formato de dados AGS, perfazendo um total de 15 erros. De modo a corrigir o erro inicial relacionado com a Regra 2 (Quadro 7) do formato de dados AGS, à semelhança do que foi realizado por Pinto (2023), foi excluído o grupo DICT do ficheiro “.ags”, uma vez que não foi utilizado. Para isso, o arquivo AGS foi convertido em um arquivo ".txt" e quatro linhas deste grupo foram removidas, incluindo as linhas relacionadas ao GROUP, HEADINGS, UNIT e TYPE.

Os 14 erros relacionados com a Regra 20 (Quadro 7) do formato de dados AGS foram comparáveis aos erros identificados por Cruz (2022) e Pinto (2023). Na tentativa de encontrar a melhor solução para estes erros, foram analisadas inúmeras maneiras de os eliminar, inclusive a procura de contacto com a *Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists* (AGS). No entanto, não se obtiveram quaisquer progressos na sua resolução.

Todavia, em seguida é apresentada a validação final por parte do validador da BGS (*British Geological Survey*) do ficheiro em formato de dados AGS, excluindo o grupo DICT.

=====
Caso Prático_VF.ags: 40 error(s) found in file!

Metadata

File size: 36236 bytes
Checkers: ['python_ags4 v0.5.0', 'bgs_rules v3.0.0']
Dictionary: Standard_dictionary_v4_1_1.ags
Time: 2024-06-11 17:14:59.531949+00:00

12 groups identified in file: PROJ ABBR FILE TRAN TYPE UNIT LOCA STND ISPT GEOL PIPE SAMP
Optional FILE group present: True
Optional DICT group present: False
12 data row(s) in LOCA group
1 projects found: 17040,518 (Operacao D82.03 Luzoestela)

Errors

AGS Format Rule 20

Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS05" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS03" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS12" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS10" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS11" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS04" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS13" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS08" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS14" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS02" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS01" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS09" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS07" not found even though it is defined in the FILE group.
Group: FILE - Sub-folder named "FILE/FS06" not found even though it is defined in the FILE group.

BGS data validation: Eastings/Northings Present

Group: LOCA - LOCA_NATE contains zeros or null values
Group: LOCA - LOCA_NATN contains zeros or null values

BGS data validation: LOCA within Great Britain

Line: 1 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (17040,518)
Line: 2 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S1-Pz)
Line: 3 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S2)
Line: 4 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S3-Pz)
Line: 5 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S4)
Line: 6 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S5)
Line: 7 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S6)
Line: 8 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S7)
Line: 9 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S8-Pz)
Line: 10 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S9)
Line: 11 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (S10-Pz)
Line: 12 - NATE / NATN outside UK Offshore EEA or Onshore Northern Ireland boundary (P1)
Line: 1 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (17040,518)
Line: 2 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S1-Pz)
Line: 3 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S2)

Line: 4 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S3-Pz)
Line: 5 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S4)
Line: 6 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S5)
Line: 7 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S6)
Line: 8 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S7)
Line: 9 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S8-Pz)
Line: 10 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S9)
Line: 11 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (S10-Pz)
Line: 12 - NATE / NATN outside Onshore Great Britain or Northern Ireland boundaries (P1)

De modo a corroborar os resultados anteriores, é apresentada a validação final por parte do validador da AGS.

=====

AGS validation report

File to be validated: C:/Users/Utilizador/Desktop/TESE/7_ME-AGS 17040.518/Caso Prático_VF.ags

Validation carried out using a beta version of the desktop software v1.0.0

validation using Standard_dictionary_v4_1_1.ags

Validation Started...This could take some time for a large file.

File Name: Caso Prático_VF.ags
File Size: 35 kB
Checker: python_ags4 v0.4.1
Dictionary: Standard_dictionary_v4_1_1.ags
Time (UTC): 2024-06-11 17:16:30

14 error(s) found in file.

FAIL: AGS Format Rule 20:

Line 47 FILE File named "FILE\FS10\S9" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 41 FILE File named "FILE\FS04\S3" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 42 FILE File named "FILE\FS05\S4" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 44 FILE File named "FILE\FS07\S6" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 49 FILE File named "FILE\FS12\P1" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 38 FILE File named "FILE\FS01\Abertura de obra " not found even though it is defined in the FILE table.
Line 40 FILE File named "FILE\FS03\S2" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 51 FILE File named "FILE\FS14\Resultados Solos" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 48 FILE File named "FILE\FS11\S10" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 39 FILE File named "FILE\FS02\S1" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 45 FILE File named "FILE\FS08\S7" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 46 FILE File named "FILE\FS09\S8" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 50 FILE File named "FILE\FS13\NSPT-Sondagens" not found even though it is defined in the FILE table.
Line 43 FILE File named "FILE\FS06\S5" not found even though it is defined in the FILE table.

Validation finished

Com a finalização desta validação, pode-se confirmar que o resultado corresponde ao apresentado pelo validador BGS. Conclui-se, portanto, que todos os erros elimináveis foram removidos, permanecendo apenas os 14 erros associados aos ficheiros do grupo FILE.

4.6. Georreferenciação dos Dados

Dando por terminada a transferência dos dados recolhidos em campo para informação geotécnica digital, é altura de passar à última etapa da digitalização em geotecnia: a georreferenciação (consultar Figura 1). Este processo garante que os dados adquiridos sejam precisos, consistentes e facilmente utilizáveis em análises subsequentes. A georreferenciação envolve a atribuição de coordenadas espaciais aos dados geotécnicos, permitindo a sua integração com outros sistemas de informação geográfica (SIG).

4.6.1. Introdução dos dados no QGIS

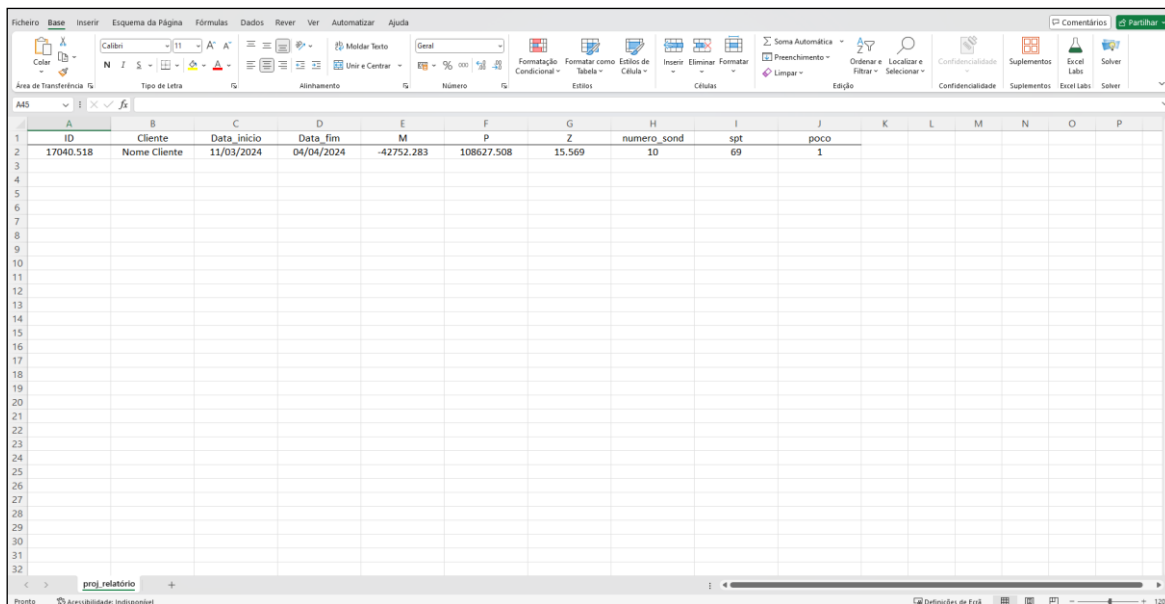
Deste modo, a primeira etapa consiste em organizar e preparar as coordenadas de referência dos pontos específicos que se pretende georreferenciar. Neste caso, os pontos correspondem à prospeção geotécnica realizada *in situ*, abrangendo as 10 sondagens e o poço de prospeção.

Uma vez que esses dados foram abordados e tratados em formato AGS, basta recorrer ao grupo LOCA, Figura 37, e verificar se as coordenadas estão no sistema de referência geodésico utilizado em Portugal, o ETRS89/Portugal TM06. Diante disso, é necessário transferir esses dados para um novo ficheiro Excel - CSV, Figura 46, que será posteriormente exportado para o software QGIS (Quantum GIS), originando uma nova camada de pontos.

proj_id	Cliente	ID	Data_inicio	Data_fim	M	P	Z
17040.518	Nome Cliente	S1-Pz	14/03/2024	18/03/2024	-42795.512	108616.156	15.586
17040.518	Nome Cliente	S2	19/03/2024	20/03/2024	-42773.423	108619.015	15.371
17040.518	Nome Cliente	S3-Pz	13/03/2024	14/03/2024	-42792.937	108658.151	15.386
17040.518	Nome Cliente	S4	20/03/2024	21/03/2024	-42741.35	108645.869	15.565
17040.518	Nome Cliente	S5	21/03/2024	22/03/2024	-42762.204	108668.23	15.343
17040.518	Nome Cliente	S6	02/04/2024	03/04/2024	-42700.531	108658.204	15.668
17040.518	Nome Cliente	S7	22/03/2024	23/03/2024	-42707.433	108675.668	15.82
17040.518	Nome Cliente	S8-Pz	07/03/2024	11/03/2024	-42672.082	108681.766	15.774
17040.518	Nome Cliente	S9	03/04/2024	04/04/2024	-42673.386	108615.901	15.728
17040.518	Nome Cliente	S10-Pz	11/03/2024	12/03/2024	-42656.237	108621.059	16.022

Figura 46: Introdução das coordenadas de referência.

É também necessário criar um ficheiro com as informações base acerca da obra a fim de criar uma nova camada no software QGIS, conforme apresentado na Figura 47. Neste contexto, optou-se por utilizar as coordenadas do poço de prospeção para referenciar o local da obra.



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	ID	Cliente	Data_inicio	Data_fim	M	P	Z	numero_sond	spt	pocoo					
2	17040.518	Nome Cliente	11/03/2024	04/04/2024	-42752.283	108627.508	15.569	10	69	1					
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															

Figura 47: Introdução dos dados de referência.

Com a organização dos dados em ficheiros distintos, é possível avançar para o próximo passo, que consiste na integração dos mesmos no software utilizado (QGIS). Para isso, é necessário importar as tabelas “.csv” a fim de criar camadas de pontos a partir das tabelas, Figura 48.

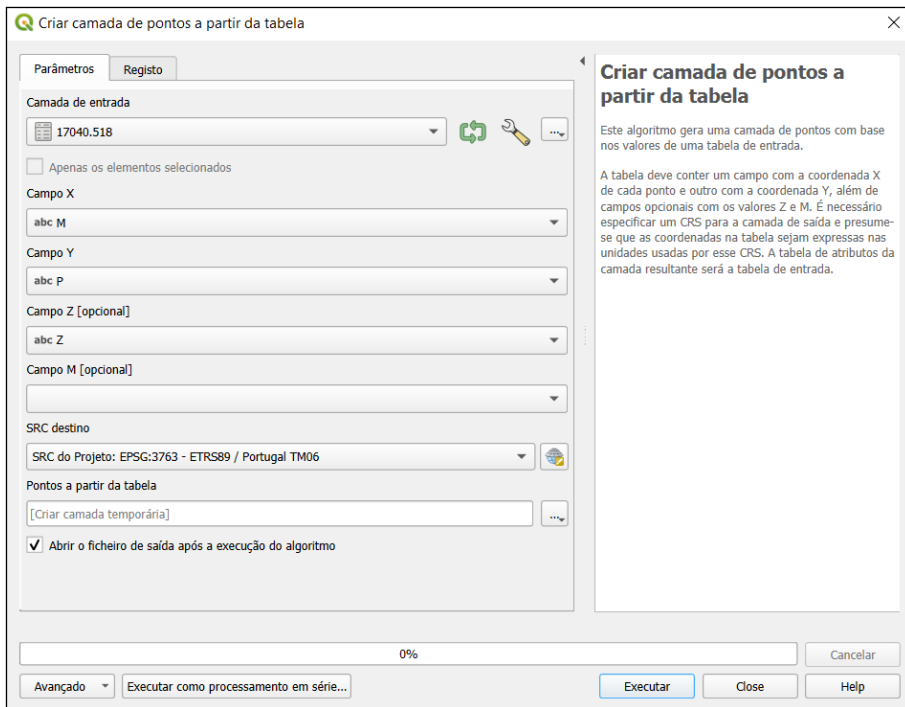


Figura 48: Criação da camada de pontos a partir da tabela dos dados de referência.

Após a adição das camadas vetoriais mencionadas anteriormente, é crucial aceder à função *QuickMapServices* do programa, a fim de disponibilizar um mapa de satélite como plano de fundo, resultando na composição apresentada na figura subsequente.

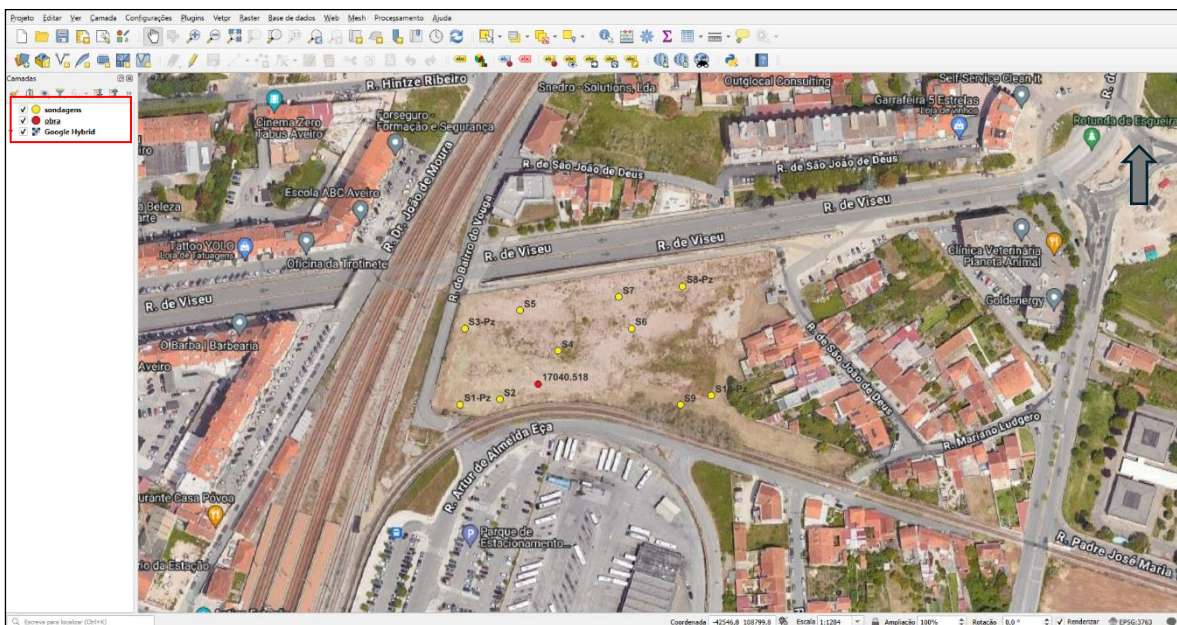


Figura 49: Representação em QGIS da prospeção geotécnica realizada.

É de salientar a importância da organização da informação no servidor, neste caso, da Mota-Engil Engenharia & Construção, S.A., o GISMEEC. O GISMEEC está em expansão, pois está a ser realizado um trabalho abrangente de análise e organização dos dados de todas as obras realizadas pelo Departamento de Geotecnia, Agregados, e outros, desde o ano 2000. Por isso, a informação deve estar organizada da seguinte forma, de maneira a que haja uma uniformização de dados: uma pasta para Anexos que contém toda a informação relativa à obra (em “.pdf”); Ensaios Lab que contém Boletins das análises laboratoriais realizadas (“.pdf” ou uma pasta por obra “.zip”); Peças Desenhadas (“.pdf” ou uma pasta por obra “.zip”) e Relatório que contém a memória descritiva da obra. Todos os ficheiros devem ser associados ao ID da obra.

Na Figura 50, é possível verificar a organização das pastas no servidor da Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A.

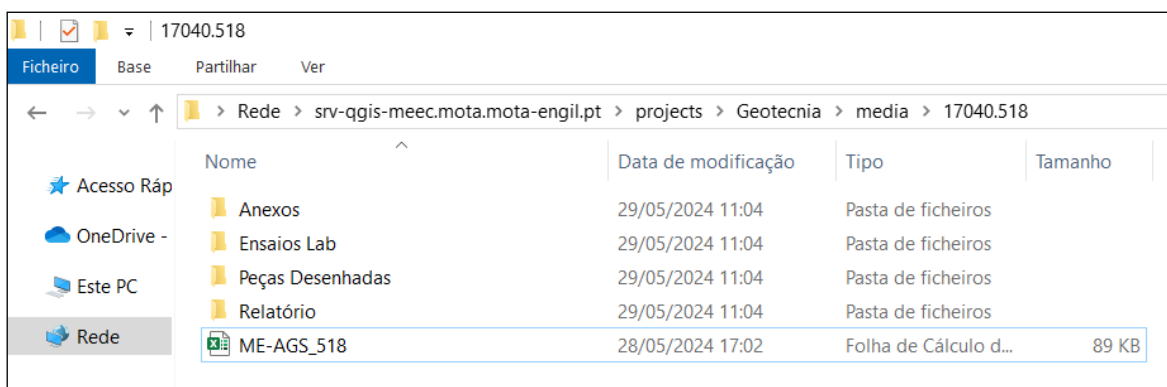


Figura 50: Organização das pastas no servidor da Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A.

Todos os ficheiros devem ser associados ao ID da obra, como por exemplo: "17040.518 SPT" (...); "17040.518 Ensaios_lab"; "17040.518 Peças Desenhadas"; "17040.518 Memoria".

É fundamental manter a estrutura e a forma de nomear os arquivos de maneira consistente, a fim de evitar erros durante o processo de carregamento da informação, Figura 51.

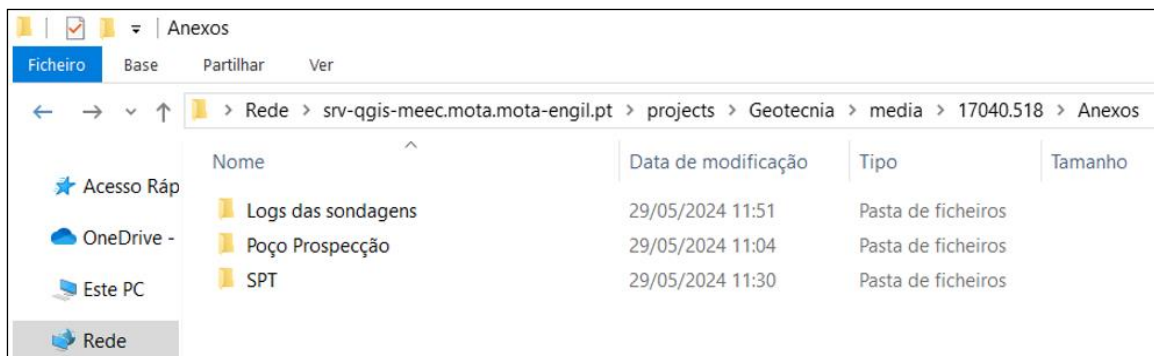


Figura 51: Organização da pasta Anexos no servidor da Mota-Engil, Engenharia & Construção, S.A.

4.6.2. Transferência de dados para o Lizmap (WebSIG)

Com a preparação dos dados efetuada com o auxílio do QGIS é possível proceder à sua transferência para um WebSIG, o Lizmap. O Lizmap é uma aplicação web que permite colocar mapas e dados geográficos criados no QGIS (Quantum GIS) para serem acessíveis através da web.

A Figura 52 retrata uma visão geral do fluxo de construção e do processo de transferência de dados do QGIS para o Lizmap, onde, primeiramente, foi realizada a organização e preparação dos dados. Em seguida, procedeu-se ao carregamento das camadas e, por fim, a criação do mapa.

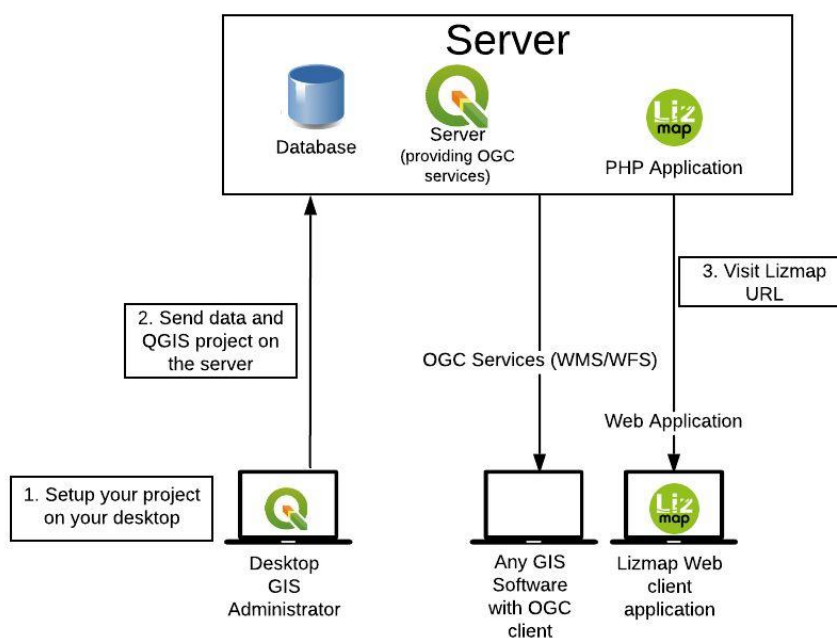


Figura 52: Arquitetura do Lizmap (retirado de <https://docs.lizmap.com/>, em 14/06/2024).

Para poder colocar o mapa online, é necessário configurar algumas opções de publicação (escalas, camadas de base, metadados) através do *plugin* Lizmap do QGIS Desktop visível na figura seguinte.

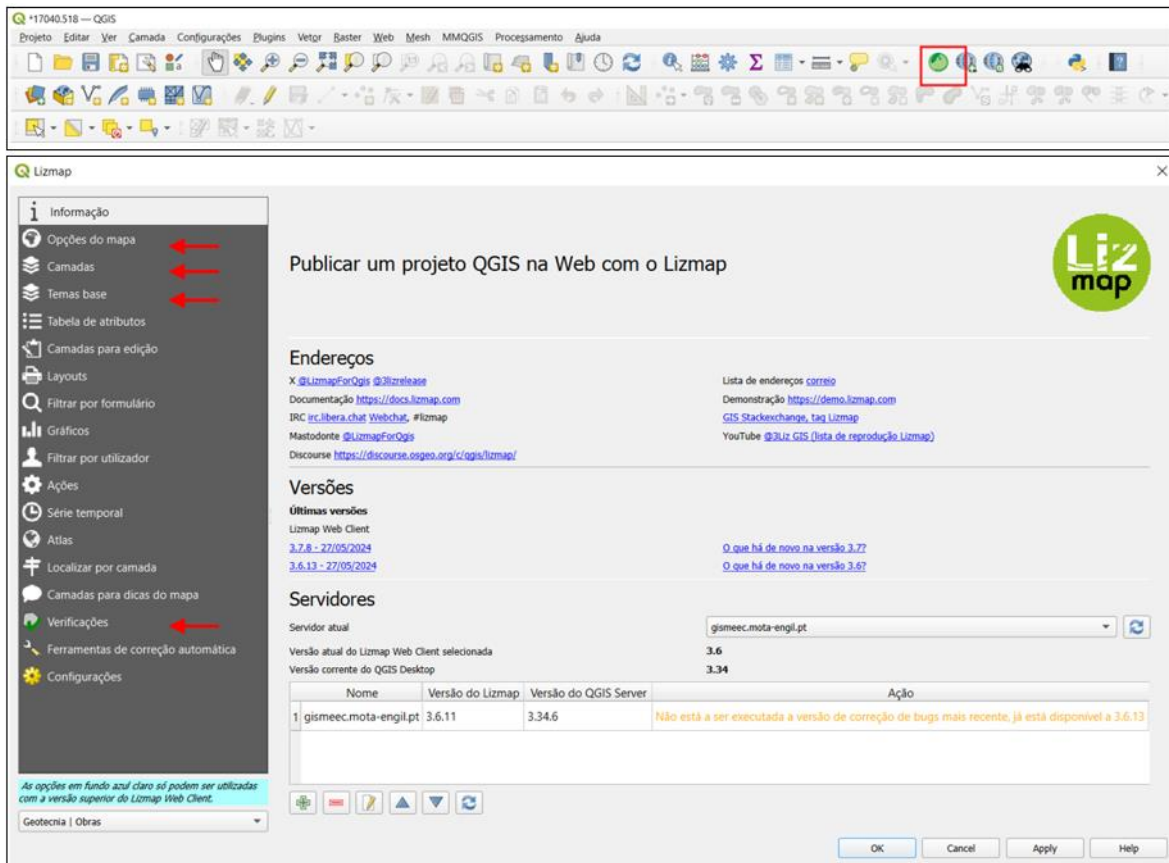


Figura 53: *Plugin* Lizmap do QGIS Desktop.

Posteriormente, há que sincronizar a pasta de trabalho com o servidor. É de referir que utilizar a ferramenta de verificação e de correção automática, pode bloquear e não permitir a passagem para a plataforma web. A cada alteração, ou conjunto de alterações, abrir e fechar plugin e guardar o projeto.

Quando a sincronização estiver concluída, o mapa QGIS pode ser acedido como tal na Internet. O mapa encontra-se disponível por meio do *software* Lizmap Web Client, no servidor GISMEEC, através de um *browser* da Internet, tal como é possível verificar na Figura 54.

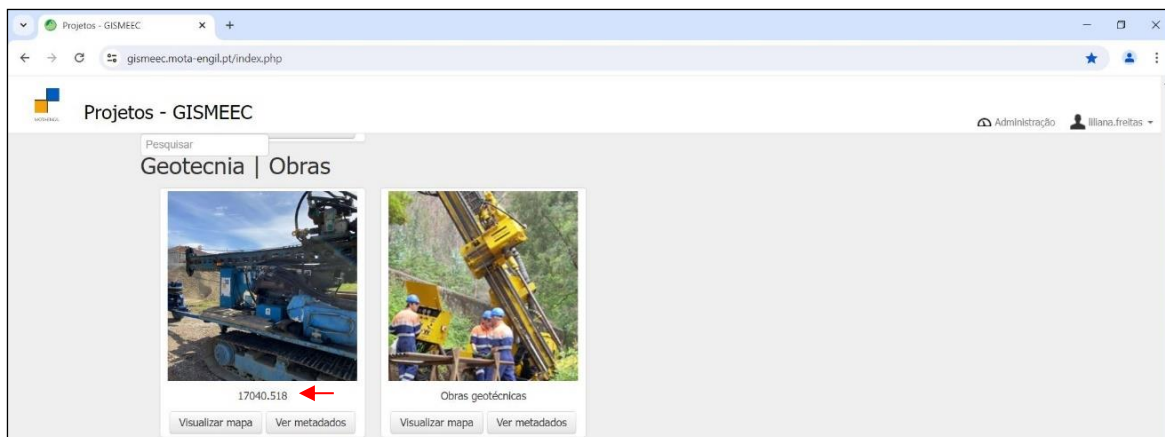


Figura 54: Visualização do servidor GISMEEC.

Na figura seguinte é apresentado o *layout* da visualização geral dos dados referentes à obra, no Lizmap.

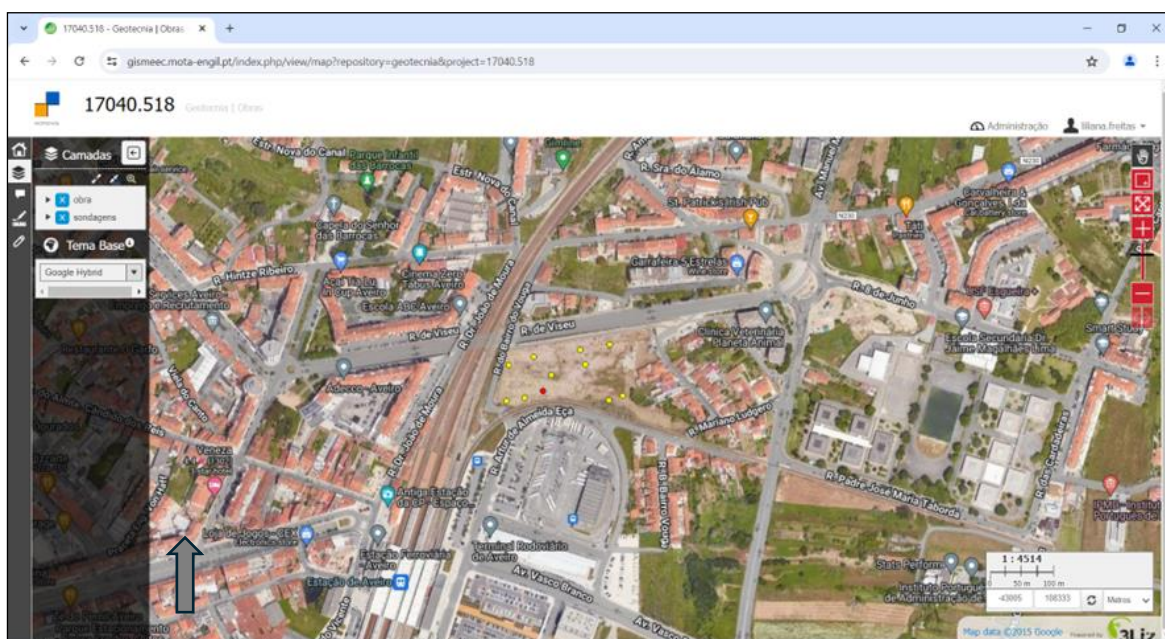


Figura 55: Visualização geral dos pontos referentes à obra (Lizmap).

Ao seleccionar cada ponto, será apresentado um *popup* no qual é possível verificar a tabela de atributos, assim como, no caso de os haver, os ficheiros anexados a cada ponto (e.g., Log Sondagem), tal como é retratado na Figura 56.

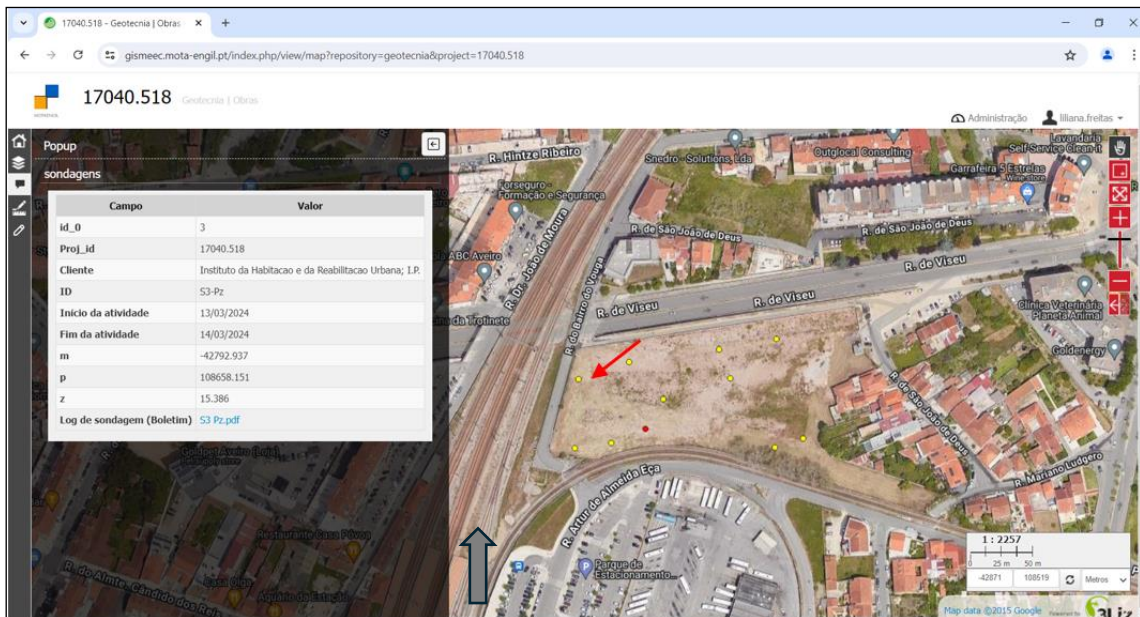


Figura 56: Visualização do popup que contém a tabela de atributos bem como os ficheiros anexados.

Desta forma, a integração QGIS-Lizmap oferece alguns benefícios. Permite que os mapas e dados geoespaciais sejam acessíveis através de um navegador *web*, facilitando a visualização e consulta dos dados por uma audiência mais ampla. Oferece ferramentas interativas para navegação, consulta de dados, impressão de mapas e outras funcionalidades diretamente na *web*. Facilita a colaboração entre diferentes equipas, permitindo que múltiplos utilizadores acessem e interajam com os dados geoespaciais em tempo real.

[página propositadamente em branco]

Capítulo V

Conclusões

[página propositadamente em branco]

5. Conclusões

A presente dissertação explorou detalhadamente o processo de recolha, uniformização, digitalização e transferência de dados geotécnicos. A digitalização e a integração de dados geotécnicos em plataformas digitais representam um avanço significativo na forma como os dados são recolhidos, processados e utilizados.

Primeiramente, a transferência eficiente dos dados recolhidos em campo para formatos digitais permite uma análise mais rápida e precisa. A capacidade de integrar esses dados em programas informáticos, como o 'ME-AGS GENERATOR' e o 'QGIS', facilita a interpretação das informações, proporcionando uma base sólida para o apoio à tomada de decisões informadas.

Desta forma, a padronização contribui para a criação de bases de dados robustas e reutilizáveis, que podem ser consultadas e atualizadas ao longo do tempo, possibilita a interoperabilidade entre diferentes plataformas e programas informáticas, e promove uma comunicação mais eficaz entre profissionais e a utilização de ferramentas de análise avançadas.

O uso de ferramentas digitais para o processamento e visualização dos dados, como o LogPlot, Geo5, QGIS e o WebSIG, demonstram-se essenciais pela otimização e capacidade de criar *logs* detalhados, perfis e mapas precisos que facilitam a compreensão do contexto geológico-geotécnico do local, melhorando a qualidade dos relatórios técnicos e das recomendações.

A importância da digitalização na geotecnia é evidente em todas as etapas do processo, desde a execução em campo até a infraestrutura digital. A digitalização permite a colheita eficiente e precisa de dados durante as investigações geotécnicas, facilitando a sua transferência e armazenamento em formatos digitais padronizados, como o AGS. O que, não só melhora a rapidez e a precisão na análise dos dados, mas também permite a sua integração em programas

informáticos especializados, que potencializam a interpretação e a manipulação das informações. Além disso, a digitalização assegura que todos os dados estejam arquivados de forma organizada e acessível, proporcionando um recurso valioso para consultas futuras.

A uniformização dos dados através de sistemas digitais garante a consistência e a confiabilidade das informações, promovendo uma gestão mais eficaz dos projetos geotécnicos e contribuindo significativamente para a segurança e o sucesso das obras de engenharia.

Na

Figura 57 está apresentada uma síntese do faseamento, elaborado neste projeto, para o sucesso da digitalização em geotecnia.

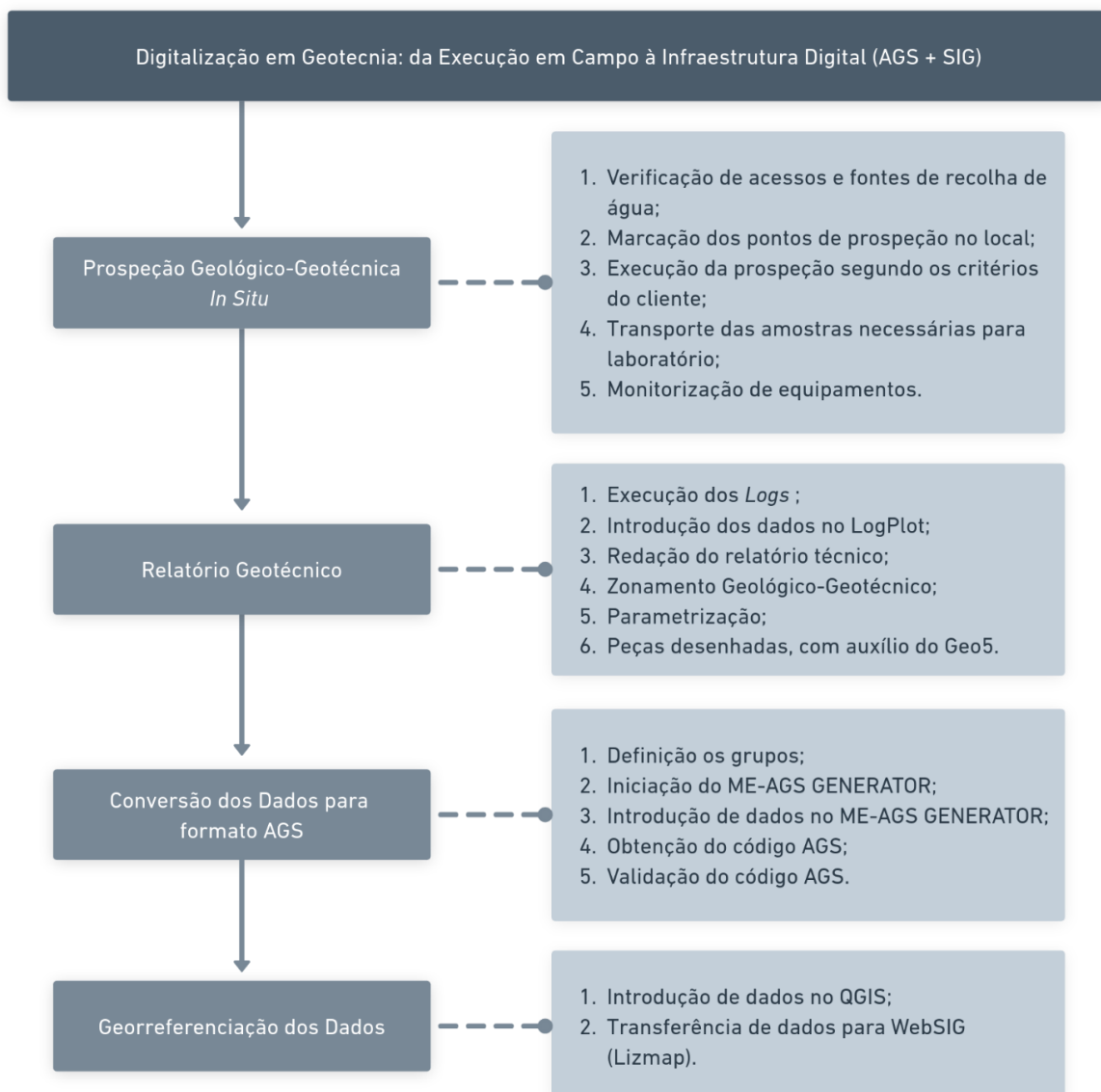


Figura 57: Faseamento do processo de digitalização em geotecnia.

5.1. Potencialidades e Limitações

A digitalização em geotecnia representa um avanço significativo na forma como os dados geotécnicos são manipulados, oferecendo benefícios substanciais em termos de eficiência, precisão e colaboração. Adotar tecnologias digitais na geotecnia é essencial para enfrentar os desafios modernos e otimizar os processos de engenharia e construção.

Em vista disso, a digitalização melhora a eficácia da transferência de dados e reduz a possibilidade de erros de transcrição; facilita o acesso aos dados de qualquer lugar, a qualquer momento; acelera os processos de análise e compartilhamento de dados; garante a uniformidade dos dados através do uso de formatos padronizados; proporciona uma base sólida para a tomada de decisões com base em dados precisos e atualizados.

Neste sentido, o foco está no 'ME-AGS GENERATOR', uma vez que é a primeira etapa para a digitalização dos dados. Esta ferramenta revelou-se útil e versátil, permitindo adaptar e ajustar os detalhes relevantes de cada projeto. Neste projeto, optou-se por ajustar alguns detalhes referentes ao tipo de trabalho realizado na campanha de prospeção geológico-geotécnica, face aos trabalhos anteriormente realizados por Cruz (2022) e Pinto (2023). No grupo SAMP, foram adicionadas referências de anexo. No grupo STDN, foi incluída a informação referente à norma do ensaio SPT. Foi também adicionado o grupo PIPE para a instalação de piezómetros.

O formato AGS, por ser uniformizado, permite manipular dados de maneira eficaz. A título de exemplo, enquanto um boletim de sondagem contém apenas informações estáticas, um ficheiro AGS possui dados que podem ser trabalhados e manipulados. Assim, tudo fica arquivado de forma organizada, permitindo que, no futuro, se for necessário procurar dados de um determinado local, seja possível aceder aos ficheiros AGS e obter informações compreensíveis, bem como os dados históricos.

Uma das limitações encontradas foi a impossibilidade de utilizar vírgulas, acentos e a letra "ç", uma vez que o formato AGS é baseado na língua inglesa e esses elementos não são utilizados no idioma. A vírgula, por exemplo, é utilizada apenas para separar colunas. Portanto, para uma adoção eficaz deste formato, seria imprescindível treinar os técnicos para evitar o uso desses caracteres durante a elaboração dos *logs*. Isso evitará a necessidade de substituir caracteres após a elaboração do log, economizando tempo e reduzindo a possibilidade de erros.

Consequentemente, destaca-se a importância de utilizar pontos para separar as casas decimais e de prestar a máxima atenção ao copiar informações entre diferentes ficheiros Excel, devido às

predefinições que variam entre a utilização da vírgula como ponto decimal ou do ponto como separador de milhar.

No que diz respeito aos cabeçalhos no 'ME-AGS GENERATOR', numa primeira fase, estes foram colocados em português para facilitar a inserção dos dados pelos utilizadores que não possuem conhecimento sobre o formato AGS. Contudo, em futuras edições, seria viável adicionar os nomes dos cabeçalhos em inglês, dado que todas as informações nos manuais AGS estão em inglês. Esta modificação facilitaria a correção de erros e melhoraria a compatibilidade com a documentação padrão.

Relativamente à georreferenciação dos dados, a importância está na organização da informação. É fundamental manter a estrutura e a forma de nomear os arquivos de maneira consistente, a fim de evitar erros durante o processo de carregamento da informação. Neste caso, a georreferenciação não dependeu diretamente do código AGS. No entanto, quanto mais informações for necessário inserir no QGIS, maior será a dependência do código AGS.

5.2. Perspetivas Futuras

Como perspetivas futuras, seria aconselhável a adição de cabeçalhos em inglês juntamente com os cabeçalhos em português no 'ME-AGS GENERATOR', o que facilitaria a referência e a comparação com os manuais AGS, que estão todos em inglês. Além disso, a criação de um grupo específico para incluir informações referentes aos ensaios laboratoriais permitiria uma melhor organização e acessibilidade desses dados.

Em suma, este estudo reafirma a necessidade de continuar a investir em tecnologias de digitalização e na formação de profissionais capacitados para utilizar as ferramentas referidas. Apenas através da inovação e da padronização é possível alcançar uma prática geotécnica mais eficiente, precisa e colaborativa.

Capítulo VI

Referências Bibliográficas

[página propositadamente em branco]

6. Referências

Publicações

Chaminé, H.I., Afonso, M.J., Teixeira, J., Ramos, L., Fonseca, L., Pinheiro, R., Galiza, A.C., 2013. Using engineering geosciences mapping and GIS-based tools for georesources management: lessons learned from rock quarrying. *European Geologist Journal*, 36:27-33

Chaminé, H.I., Afonso, M.J., Trigo, J.F., Freitas, L., Ramos, L., Carvalho, J.M., 2021. Site appraisal in fractured rock media: coupling engineering geological mapping and geotechnical modelling. *European Geologist Journal*, 51:31–38. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4948771>

Chaminé, H.I., Fernandes, I., 2023. The role of engineering geology mapping and GIS-based tools in geotechnical practice. In: Chastre C., Neves J., Ribeiro D., Neves M.G., Faria P. (eds.), *Advances on Testing and Experimentation in Civil Engineering*. Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, Cham, p. 3–27. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05875-2_1

Chaminé, H.I., Pinheiro, R., Meirinhos, J., Santa, C., Pereira, R., Silva, R.S., Moreira, P., Madureira, M.M., Martins, A., Fonseca, L., Ramos, L., 2016. Aplicativos informáticos para análise e avaliação de dados de campo em geociências de engenharia, geotecnia e hidrogeomecânica de maciços rochosos fracturados: MGC-RocDesign|Calc e GeoTech|CalcTools. In: Chaminé H.I., Afonso M.J., Galiza A.C. (eds.), *Eduardo Gomes (1931-2008): Engenheiro, Docente, Empreendedor – Uma Homenagem*. Coleção LABCARGA-Geo|2, Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada & Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto. p. 345 – 377

Chaminé, H.I., Teixeira, J., Freitas, L., Pires, A., Silva, R.S., Pinho, T., Monteiro, R., Costa, A.L., Abreu, T., Trigo, J.F., Afonso, M.J., Carvalho, J.M., 2016. From engineering geosciences mapping towards sustainable urban planning. *European Geologist Journal*, 41:16-25

Coduto, D.P., 1999. *Geotechnical engineering: principles and practice*. Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, NJ

Cruz, B.C., 2022. Uniformização de dados digitais – “Digital Format Data”: vantagens e aplicação na prática geotécnica. Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP, Porto. (Dissertação de Mestrado). URI: <http://hdl.handle.net/10400.22/21336>

Cruz, B.C., Cruz, J., Branco, J., Chaminé, H.I., 2023. Digitalização, uniformização e transferência de dados geotécnicos: uma realidade incontornável. In: Duarte I., Marcelino J., Pinho A., Faria P., Lopes L., Pereira P. (eds.), *Atas do 18º Congresso Nacional de Geotecnia (18CNG), Geotecnia e Alterações Climáticas*, 14-17 de Maio de 2023, Universidade de Évora & Sociedade Portuguesa de Geotecnia, Évora. p. 99-108

Destefano, V.D., 2021. Ensaios de penetração dinâmica: correlações entre o ensaio Standard Penetration Test (SPT) e o Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (DPSH). Instituto Politécnico de Bragança, Bragança. (Dissertação de Mestrado). URI: <http://hdl.handle.net/10198/23738>

- Farinho, J., 2021. Campanhas de prospeção geológico-geotécnica: estudo de casos. Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa, Lisboa. (Dissertação de Mestrado). URI: <http://hdl.handle.net/10451/48646>
- Fernandes I., Chaminé H.I., 2023. In situ geotechnical investigations. In: Chastre, C., Neves, J., Ribeiro, D., Neves, M.G., Faria, P. (eds) *Advances on Testing and Experimentation in Civil Engineering*. Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, Cham, p. 29–54. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05875-2_2
- Freitas, L., Afonso, M.J., Pereira, A.J.S.C., Delerue-Matos, C., Chaminé, H.I., 2019. Assessment of sustainability of groundwater in urban areas (Porto, NW Portugal): a GIS mapping approach to evaluate vulnerability, infiltration and recharge. *Environ Earth Sci* 78:140. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8167-6>
- Galiza, A.C., Ramos, L., Fonseca, L., Teixeira, J., Chaminé, H.I., 2011. O papel da geotecnia mineira na otimização do desmonte de maciços rochosos fraturados. *Boletim de Minas, DGEG, Lisboa*, 46(2):103-120.
- Gomes Correia, A., 1988. Revisão da classificação de solos para propósitos de engenharia. *Geotecnia, Revista da SPG*, 52:75-90. https://doi.org/10.14195/2184-8394_52_5
- Gondar, J., Pinto, A., Fartaria, C., 2019. The use of BIM technology in geotechnical engineering. In: Sigursteinsson, A., Erlingsson, S., Bessason, B. (eds.) *Proceedings of the XVII ECSMGE-2019, Geotechnical Engineering Foundation of the Future*. Reykjavík, Iceland, pp. 1–8
- Gonzalez de Vallejo, L.I.; Ferrer, M., 2011. *Geological engineering*. CRC Press, Taylor-Francis Group, Boca Raton
- Hencher, S. H., 2012. *Practical Engineering Geology*. CRC Press, Boca Raton
- Ikematu, R.S., 2001. Gestão de metadados: sua evolução na tecnologia da informação. *Datagramazero Revista de Ciências da informação*, 2(6): A02
- Leitão, M.L., 2016. Organização e Implementação de Sistema de Informação Geográfica na Divisão de Mobilidade e Transporte do Município de Vila Nova de Gaia. Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP, Porto. URI: <http://hdl.handle.net/10400.22/9347>
- Matos Fernandes, M., 2017. *Mecânica dos Solos – Conceitos e Princípios Fundamentais*. Volume 1, 5ª Edição. FEUP edições
- Matos Fernandes, M., 2021. *Mecânica dos Solos – Introdução à Engenharia Geotécnica*. Volume 2, 3ª Edição. FEUP edições
- McMaster, B., Shea, K., 1992. *Generalization in Digital Cartography*. Association of American Geographers. [http://portal.survey.ntua.gr/main/courses/geoinfo/admcarto/lecture_notes/generalisation/bibliography/mcmaster_shea_1992.pdf] (consultado em Abril de 2024)
- Mokarram, N., 2010. *Data exchange in geotechnical engineering*. University of Southern California, USA. (PhD Thesis)
- New Zealand Geotechnical Society, 2012. *New Zealand Geotechnical Society - Electronic transfer of geotechnical and geoenvironmental data Version 1.0 (AGS Edition 4.0.3 – New Zealand)*
- New Zealand Geotechnical Society, 2017. *New Zealand Geotechnical Society - Electronic transfer of geotechnical and geoenvironmental data Version 1.0.1 (AGS Edition 4 – New Zealand)*
- Norbury, D., 2020. *Soil and rock description in engineering practice*. 3rd Edition, Whittles Publishing, CRC Press
- Oliveira, S.O., 2017. *Ensaios in situ e laboratoriais no estudo geológico e geotécnico de solos*. Universidade de Aveiro, Aveiro. URI: <http://hdl.handle.net/10773/22476>
- Ordem dos Engenheiros (2020). *Recomendações na área da geotecnia. Especialização em Geotecnia*. Ordem dos Engenheiros, Lisboa
- Peuquet, D.J.; Marble, D.F. 1990. *Introductory readings in Geographic Information Systems*. Taylor & Francis Ltd, London
- Pinheiro, R., Ramos, L., Teixeira, J., Afonso, M.J., Chaminé, H.I., 2014. MGC–RocDesign|CALC: a geomechanical calculator tool for rock design. In: Alejano L.R., Peruchó A., Olalla C., Jiménez R. (eds.)

Proceedings of Eurock'2014, rock engineering and rock mechanics: structures in and on rock masses (ISRM European regional symposium, Vigo, Spain). CRC Press, London, p. 655–660

Pinho, T.P., 2010. Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia: criação de uma base de dados SIG geotécnica. Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP, Porto. URI: <http://hdl.handle.net/10400.22/2611>

Pinto L.P., Moreira S., Cruz J., Branco J., Cruz B., Chaminé H.I. 2023. ME-AGS GENERATOR: aplicativo para a geração automatizada de ficheiros AGS4 em geotecnia. In: Mota D., Silva E., Santos J.F., Marinho J., Cardoso M., Morgado N., Carvalho P., Moreira S. (eds), Simpósio de Engenharia Informática 2023: Proceedings Book, Instituto Superior de Engenharia do Porto, P.Porto, Porto, p. 76-85

Pinto, L.P., 2023. Uma abordagem de programação eficiente para a geração automatizada de ficheiros AGS4 em casos práticos geotécnicos. Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP, Porto. (Dissertação de Mestrado). URI: <http://hdl.handle.net/10400.22/23825>

Teixeira, C.; Zbyszewski G., 1975. Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal, Folha 16-A – Aveiro, escala 1:50.000. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa

Terzaghi, K., Peck, R.B., 1948. Soil mechanics in engineering practice. John Wiley and Sons, New York

Wang, Y.; Tian, H-M, 2024. Digital geotechnics: from data-driven site characterisation towards digital transformation and intelligence in geotechnical engineering. Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards 18(1):8-32. <https://doi.org/10.1080/17499518.2023.2278136>

Normas ou regulamentos

ASTM – American Society for Testing and Materials (2003). Standard test method for particle size analysis of soils, D 422-63. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA

EN 1997-1 (2010). Eurocódigo 7 – Projeto geotécnico. Parte 1: Regras gerais. Revisão NP ENV 1997-1:1999

EN 1997-2 (2007). Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing. Supersedes ENV 1997-2:1999, ENV 1997-3:1999

EN ISO 22476-2 Investigação e Ensaio Geotécnicos. Ensaio de Campo. Parte 2: Ensaio de Penetração Dinâmica (ISO 22476-2:2005)

EN ISO 22476-3 Investigação e Ensaio Geotécnicos. Ensaio de Campo. Parte 3: Ensaio de Penetração Dinâmica Standard (ISO 22476-3:2005)

ISRM – International Society for Rock Mechanics, 1980. Rock characterization, testing and monitoring: ISRM suggested methods. In: Brown, E.T. (ed.), suggested methods prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM. Pergamon Press.

ISRM – International Society for Rock Mechanics, 2007. The complete ISRM suggested methods for characterization, testing and monitoring: 1974-2006. In: Ulusay, R. & Hudson, J.A. (Eds.), Suggested Methods prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM. Ankara, Turkey

ISRM – International Society for Rock Mechanics, 2015. The ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 2007-2014. In: Ulusay, R. (ed.), suggested methods prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM. Springer, Berlin.

'Sites' da 'internet'

AGS – Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists, 2022. *electronic transfer of geotechnical and geoenvironmental data AGS4 Edition 4.1.1. The Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists, United Kingdom.* <https://www.ags-hk.org/ags-data-format> (consultado em março de 2024)

Além da Inércia. <https://alemdainercia.com/> (consultado em abril de 2024)

DEG/LGMC – ISEP. <https://www.deg.isep.ipp.pt/index.php?page=lgmc> (consultado em abril de 2024)

Dynapac. <https://dynapac.blog/> (consultado em março de 2024).

ResearchGate. www.researchgate.net/ (consultado em março de 2024)

Rockware. www.rockware.com/product/logplot/ (consultado em março de 2024)

Suporte Solos. <https://www.suportesolos.com.br/> (consultado em abril de 2024)

Anexos

**Aplicativo 'ME-AGS GENERATOR' para o caso de estudo
(CD-Rom)**

[página propositadamente em branco]

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, **Nicole Pereira de Pinho**, N.º CC: 13975721-0-ZX4,

Declaro ter conduzido e desenvolvido este trabalho académico com integridade e ética. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à elaboração da dissertação/projeto/estágio.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

Nicole Pereira de Pinho

ISEP, Porto, 2 de Julho de 2024